

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

**Contribuição para o desenvolvimento de um indicador de
dissociação no âmbito da gestão de resíduos**

Paula Cristina Lameiras Queirós Pires Santana

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Sanitária

Orientação Científica:
Professor Doutor Rui Manuel Baptista Ganho

Lisboa
2010

Aos meus Pais

“People think there’s a garbage fairy”, one worker told me. “You put your trash on the curb, and then pffft, it’s gone.”

Elizabeth Royte (2005), *“Garbage Land – On the secret trail of trash”*

“Je sais aussi, dit Candide, qu’il faut cultiver notre jardin.”

Voltaire (1759), *“Candide ou l’Optimisme”*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao Professor Doutor Rui Ganho a oportunidade de realização deste trabalho e a sua orientação científica, bem como todo o apoio com que sempre pude contar.

Ao Professor Doutor António Lobato de Faria, com saudade, pela sabedoria e inolvidáveis momentos de tertúlia intelectual e ainda pelo incentivo e apoio à realização deste Curso de Mestrado.

Ao Engenheiro Artur Ascenso Pires, pelas oportunidades profissionais que me proporcionou, que me permitiram adquirir conhecimentos e experiência na área de gestão de resíduos, e pelo grande entusiasmo que sempre transmitiu relativamente ao estudo e abordagem de novas matérias.

À Engenheira Dulce Álvaro Pássaro, pelo estímulo à realização deste Curso de Mestrado.

Às Engenheiras Luísa Pinheiro e Ana Isabel Paulino, em termos pessoais, pela motivação e abertura, bem como pelas oportunidades profissionais, em diversos domínios da gestão de resíduos, no ex-INR e na APA.

À Dr.^a Regina Vilão, um agradecimento muito especial por todo o apoio que sempre recebi, a nível pessoal e profissional.

Aos Colegas do ex-INR e da APA, pela camaradagem.

Aos muitos Colegas e Profissionais de outras entidades com quem tive oportunidade de contactar, pelos conhecimentos e experiência.

Aos meus Amigos, pelo apoio e carinho.

À Professora Doutora Leonor Amaral, pelo encorajamento ao desenvolvimento deste trabalho, num momento feliz e decisivo.

À Dr.^a Margarida Lélis, pela amizade, sabedoria e lições que duram para a vida.

À minha Família, por tudo.

SUMÁRIO

A produção de resíduos associa-se a pressões sobre o ambiente, a montante, ao nível da extracção e uso de recursos e, a jusante, em termos de gestão dos mesmos.

Tendo como ponto de partida o modelo “Força Motriz – Pressão – Estado – Impacte – Resposta”, é definido um indicador de dissociação que considera, como pressão ambiental, a proporção de resíduos eliminados relativamente aos produzidos e, como força motriz, o PIB.

O indicador é calculado utilizando, como caso de estudo, o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007 – 2016 (PERSU II) e diversos cenários relativamente ao desempenho do processo de tratamento mecânico e biológico (TMB), relevante no contexto deste Plano. São ainda analisadas diferentes opções para as variáveis “resíduos eliminados” e “resíduos produzidos”.

Os resultados revelam a ocorrência de dissociação absoluta entre força motriz e pressão ambiental. O efeito é mais acentuado quando se considera que parte dos bio-resíduos inicialmente processados por TMB passam a ser recolhidos de modo selectivo, para posterior valorização orgânica, e quando o composto proveniente de resíduos indiferenciados não apresenta o estatuto de resíduo.

O indicador é relevante enquanto ferramenta para a política de desenvolvimento sustentável, relacionando as vertentes ambiental e sócio-económica e considerando a hierarquia de gestão de resíduos.

ABSTRACT

Waste production is associated with pressures on the environment focusing, upstream, on the extraction and use of resources, and downstream, in terms of waste management.

Taking the “*Driving Force – Pressure – State – Impact – Response*” model as a starting point, a decoupling indicator is defined, considering the proportion of disposed waste in relation to produced waste and GDP, as environmental pressure and driving force, respectively.

The indicator is calculated using, as a case study, the Strategic Plan for Municipal Solid Waste 2007 – 2016 (PERSU II) and considering several scenarios regarding the performance of the mechanical-biological treatment (MBT), which is a relevant process in the context of this Plan. Different options are also analyzed for the variables “disposed waste” and “produced waste”.

The obtained results reveal absolute decoupling between driving force and environmental pressure. The effect is more pronounced when a portion of bio-waste initially processed by MBT is diverted towards selective collection for organic recovery and also when the compost produced from commingled waste does not show the waste status.

The indicator is relevant as a tool for the sustainable development policy, relating the environmental and social-economic angles and considering the waste management hierarchy.

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

AEA	Agência Europeia do Ambiente.
APA	Agência Portuguesa do Ambiente.
ASTM	<i>ex-American Society for Testing and Materials.</i>
b-on	Biblioteca do Conhecimento <i>online</i> .
BREF	<i>Best Available Techniques (BAT) Reference Document.</i>
b.s.	base seca.
C	Compostagem.
CDR	Combustível Derivado de Resíduos.
CE	Conselho da União Europeia.
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão.
CEN	Comité Europeu de Normalização.
CLO	<i>Compost-like Output</i>
COM	Comissão Europeia.
COT	Carbono Orgânico Total.
CT	Comissão Técnica.
CSR	Combustível Sólido Recuperado.
CV	Compostagem de Verdes.
DA	Digestão Anaeróbia.
DEFRA	<i>Department for Environment, Food and Rural Affairs.</i>
DPSIR	<i>Driving Force – Pressure – State – Impact – Response.</i>
DQR	Directiva Quadro Resíduos.
DSR	<i>Driving Force – State – Response.</i>
EA	Environment Agency.
ECN	<i>European Compost Network.</i>
EM	Estados-Membros.

ENRRUBDA	Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) destinados aos Aterros.
EPA	<i>Environment Protection Agency.</i>
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
ETC/RWM	<i>European Topic Centre on Resource and Waste Management.</i>
FD	Factor de Dissociação.
FER	Fontes de Energia Renováveis.
GEE	Gases de Efeito de Estufa.
GIC	Grandes Instalações de Combustão.
ID	Indicador de Dissociação.
INCM	Imprensa Nacional Casa da Moeda.
INE	Instituto Nacional de Estatística.
INR	Instituto dos Resíduos.
IPQ	Instituto Português da Qualidade.
IRAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos.
IST	Instituto Superior Técnico.
ISWA	<i>International Solid Waste Association.</i>
JRC	<i>Joint Research Centre.</i>
LATS	<i>Landfill Allowance Trading Scheme.</i>
LER	Lista Europeia de Resíduos.
MA	Ministério do Ambiente.
MAOT	Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
MAOTDR	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
MARN	Ministério do Ambiente e Recursos Naturais.
MCOTA	Ministério das Cidades, do Ordenamento do Território e do Ambiente.

MFAP	Ministério das Finanças e da Administração Pública.
MTD	Melhores Técnicas Disponíveis.
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico.
ORBIT	<i>Organic Recovery & Biological Treatment Association.</i>
OVAM	<i>Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij.</i>
PAPERSU	Plano de Acção para o cumprimento do PERSU II.
PCI	Poder Calorífico Inferior.
PCIP	Prevenção e Controlo Integrados da Poluição.
PE	Parlamento Europeu.
PEC	Programa de Estabilidade e Crescimento.
PERSU	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos.
PERSU II	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016.
PIB	Produto Interno Bruto.
PIRSUE	Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados.
PNGR	Plano Nacional de Gestão de Resíduos.
POVT	Programa Operacional Valorização do Território.
PSR	<i>Pressure – State – Response.</i>
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional.
REA	Relatório do Estado do Ambiente.
RI	Recolha Indiferenciada.
RS	Recolha Selectiva.
RSM	Recolha Selectiva Multimaterial.
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos.
RU	Resíduos Urbanos.
RUB	Resíduos Urbanos Biodegradáveis.
SIDS	Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.

TEJ	Tribunal Europeu de Justiça.
TGR	Taxa de Gestão de Resíduos.
TM	Tratamento Mecânico.
TMB	Tratamento Mecânico e Biológico.
t.q.	tal qual.
UE	União Europeia.
VE	Valorização Energética.
VO	Valorização Orgânica.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. ENQUADRAMENTO DO TRABALHO DESENVOLVIDO.....	17
1.2. OBJECTIVO.....	19
1.3. METODOLOGIA GERAL.....	19
2. ENQUADRAMENTO DE POLÍTICAS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1. ASPECTOS GERAIS.....	20
2.1.1. Produção e destino de resíduos urbanos	21
2.1.2. Resíduos urbanos biodegradáveis	23
2.1.3. Instrumentos da política de gestão de resíduos	24
2.1.4. Situação nacional - Política de gestão de resíduos urbanos.....	35
2.2. TRATAMENTO MECÂNICO E BIOLÓGICO.....	38
2.2.1. Aspectos gerais.....	38
2.2.2. Produção de CDR	40
2.2.3. Normas e sistemas de qualidade	44
2.2.4. Classificação de CDR	45
2.2.5. Utilização de CDR.....	46
2.2.6. Mercado de CDR	48
2.3. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA – PERSU II	52
2.4. DEFINIÇÃO E UTILIZAÇÃO DE INDICADORES	60
2.4.1. Aspectos gerais.....	60
2.4.2. Critérios para a selecção e avaliação de indicadores	62
2.4.3. Definição de indicadores e de modelos de indicadores	64
2.4.4. Indicadores de dissociação	69

3.	METODOLOGIA	74
3.1.	DESCRIÇÃO GERAL	74
3.2.	PROPOSTA DE INDICADOR DE DISSOCIAÇÃO.....	74
3.2.1.	Variável para quantificação da pressão ambiental	74
3.2.2.	Variável para quantificação da força motriz.....	76
3.2.3.	Expressão do indicador proposto	77
3.3.	REALIZAÇÃO DE BALANÇOS DE MASSA A UNIDADES DE TMB.....	78
3.4.	DADOS DE BASE E PRESSUPOSTOS CONSIDERADOS	80
3.4.1.	Produto Interno Bruto.....	80
3.4.2.	Produção de RU.....	80
3.4.3.	Caracterização de RU produzidos.....	81
3.4.4.	Recolha selectiva e valorização orgânica de bio-resíduos.....	82
3.4.5.	Tratamento Mecânico e Biológico	82
3.4.6.	Produção de cinzas.....	83
3.4.7.	Resíduos eliminados	84
3.5.	DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS A ESTUDAR.....	85
3.6.	DESENVOLVIMENTO DO CASO DE ESTUDO	92
4.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	94
4.1.	MODELO BASE DE TMB	94
4.2.	CASO DE ESTUDO – PERSU II.....	102
4.3.	COMPARAÇÃO COM A FORMULAÇÃO DA OCDE	109
4.4.	ANÁLISE GLOBAL DE RESULTADOS	112
4.5.	CLASSIFICAÇÃO DO INDICADOR.....	113

5.	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO	116
5.1.	ASPECTOS GERAIS.....	116
5.2.	POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DO INDICADOR	116
5.3.	SUGESTÕES PARA DESENVOLVIMENTO FUTURO.....	120
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

ANEXOS

ANEXO I LEGISLAÇÃO NACIONAL

ANEXO II LEGISLAÇÃO E DOCUMENTOS DE ENQUADRAMENTO A NÍVEL COMUNITÁRIO

ANEXO III PRINCIPAIS PORTAIS CONSULTADOS / UTILIZADOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Evolução da produção de RU, em Portugal Continental.	22
Figura 2.2.	Evolução do destino de RU, em Portugal Continental.....	22
Figura 2.3.	Factores que influenciam o preço dos CDR.....	50
Figura 2.4.	Influência relativa da legislação e políticas na utilização de CDR.	51
Figura 2.5.	Sistemas constituídos para a gestão de RU no Continente, em 2009.	55
Figura 2.6.	Objectivos e metas de gestão de resíduos previstos no PERSU II.....	56
Figura 2.7.	O percurso dos dados à informação.	60
Figura 2.8.	A pirâmide da informação.	61
Figura 2.9.	Sistema de indicadores baseado no modelo PSR.	66
Figura 2.10.	Sistema de indicadores baseado no modelo DPSIR.....	68
Figura 2.11.	Dissociação absoluta e relativa entre as pressões ambientais e o crescimento económico.....	70
Figura 3.1.	Esquema geral e fronteira do sistema considerado para o desenvolvimento do balanço de massa nos Cenários 1 a 5	86
Figura 4.1.	Representação gráfica de ID para as várias formulações da variável “Resíduos Eliminados”, nos cenários considerados.	98
Figura 4.2.	Representação gráfica das variáveis de força motriz e pressão ambiental indexadas a 2009, nos cenários considerados.	101
Figura 4.3.	Contribuição da parcelas destinadas a eliminação, no caso de estudo do PERSU II, considerando $ID=f(E, P, PIB)$	108
Figura 4.4.	Variação do indicador, comparando com a formulação da OCDE.....	111
Figura 4.5.	Classificação do indicador de acordo com os critérios da AEA.....	113

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1.	Principais fluxos de saída de processos de TMB, em função dos quantitativos de entrada.	43
Tabela 2.2.	Produção de CDR e correspondente PCI.	44
Tabela 2.3.	Sistema de classificação de CDR.	45
Tabela 2.4.	Infra-estruturas de valorização orgânica existentes e previstas no PERSU II (2016).	57
Tabela 2.5.	RUB destinados a valorização orgânica e provenientes de recolha selectiva e indiferenciada, no horizonte do PERSU II.	58
Tabela 2.6.	Produção de composto.	58
Tabela 2.7.	Pressupostos considerados para estimativa da produção de CDR.	59
Tabela 2.8.	Estimativa do potencial para produção de CDR, por proveniência, em 2013.	60
Tabela 2.9.	Critérios desenvolvidos pela OCDE para a selecção de indicadores.	62
Tabela 2.10.	Critérios da AEA para a avaliação da qualidade dos indicadores.	64
Tabela 3.1.	Cenários analisados e variáveis consideradas.	79
Tabela 3.2.	Evolução do PIB.	80
Tabela 3.3.	Evolução da produção de RU.	81
Tabela 3.4.	Caracterização de RU produzidos.	81
Tabela 3.5.	Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 1.	87
Tabela 3.6.	Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 2.	88
Tabela 3.7.	Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 3.	89
Tabela 3.8.	Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 4.	90
Tabela 3.9.	Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 5.	91
Tabela 3.10.	Pressupostos considerados no PERSU II relativamente aos fluxos de saída de TMB.	92
Tabela 4.1.	Estimativa de composto, recicláveis, CDR, refugo e cinzas, nos cenários estudados.	95

Tabela 4.2.	Cálculo do indicador para os diferentes cenários e formulações da variável "Resíduos Eliminados"	97
Tabela 4.3.	Fluxos de saída de infra-estruturas de tratamento de RU e entrada directa em aterro	103
Tabela 4.4.	Cálculo do indicador para os diferentes cenários e formulações da variável "Resíduos Eliminados"	106
Tabela 4.5.	Cálculo do indicador e comparação com a formulação da OCDE.	109

1. INTRODUÇÃO

1.1.ENQUADRAMENTO DO TRABALHO DESENVOLVIDO

Nos países industrializados, ao longo das últimas três décadas, regista-se uma evolução da percepção e âmbito dos problemas ambientais, passando de uma abordagem ao nível local ou regional, focada no controlo da poluição associada a descargas e emissões de poluentes, para problemáticas globais, complexas e multi-dimensionais tais como as alterações climáticas, a perda de biodiversidade e as pressões, enquanto actividades humanas que constituem a causa de determinado problema ambiental, em termos de uso do território e do elevado consumo de recursos materiais e energéticos (Giljum, S. *et al.*, 2005).

A nível da UE, as políticas definidas, designadamente, na Estratégia de Lisboa, na Estratégia de Desenvolvimento Sustentável, no 6.º Programa de Acção em matéria de Ambiente e nas subsequentes Estratégias Temáticas abordam estas problemáticas, considerando essencial dissociar, ou desligar, as pressões ambientais, com destaque para as inerentes às entradas e saídas de fluxos de materiais e energia na economia, e o desenvolvimento económico (COM, 2003b; COM, 2003c; COM, 2005c). O conceito de dissociação surge assim interligado aos objectivos de eco-eficiência e sustentabilidade, ao admitir a produção da mesma ou de maior riqueza, com menor pressão ambiental (APA, 2009c).

A produção de resíduos, a montante, através da extracção e uso de recursos, e a jusante, em termos de gestão e destino dos mesmos, constituem exemplos de pressões ambientais (OCDE, 2002a; OVAM, 2004). Neste enquadramento, destaca-se a deposição em aterro de resíduos e, em particular, de resíduos biodegradáveis, dadas as pressões ambientais envolvidas ao nível da qualidade da água, do ar e do solo, da gestão de recursos e do ordenamento do território (Directiva 1999/31/CE).

Existe um conjunto de instrumentos de planeamento (e.g., Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007 – 2016, PERSU II), legais (e.g., legislação nacional e comunitária de enquadramento da gestão de resíduos, de operações de gestão de resíduos e de fluxos específicos de resíduos) e económico-financeiros (e.g., taxa de gestão de resíduos) para definição e apoio à execução das políticas de ambiente e de gestão de recursos e resíduos. Ao nível científico e técnico, assiste-se ao desenvolvimento do conhecimento e dos processos de tratamento, controlo de poluição e monitorização, com aposta na inovação e igualmente na optimização e adaptação ao universo de gestão de resíduos de sistemas utilizados noutros domínios de actividade. São ainda de assinalar os progressos alcançados em torno da gestão de informação sobre resíduos e da definição e utilização de indicadores que permitem, através da adopção de variáveis e parâmetros relevantes, analisar e comunicar fenómenos complexos. Aos elementos referidos acresce a importância de aspectos económicos, sociais e de comunicação, envolvendo diversos intervenientes da Sociedade (APA, 2007a; Santana, P., 2009).

O presente trabalho tem como ponto de partida os desenvolvimentos e os desafios que o sector de gestão de resíduos urbanos apresenta, designadamente, ao nível da execução do PERSU II (ERSAR/APA, 2010). Reflecte igualmente o facto de o tratamento mecânico e biológico (TMB) constituir uma aposta importante no contexto do referido Plano, para o desvio de resíduos de aterro e recuperação de materiais recicláveis e valorizáveis, promovendo a hierarquia de gestão de resíduos e contribuindo para o cumprimento de metas nacionais e comunitárias; dado o estado da arte e os desenvolvimentos recentes relativamente à produção e utilização de combustíveis derivados de resíduos (CDR), de que se destaca a adopção da Estratégia para os CDR, estes aspectos são também detalhados.

A dissociação entre as pressões ambientais relacionadas com a gestão de resíduos e a actividade económica constitui uma matéria abordada pela Directiva Quadro relativa aos Resíduos e que se reveste de interesse do ponto de vista do desenvolvimento sustentável e igualmente de complexidade, pelo que a definição de indicadores representa uma ferramenta útil para análise, decisão, comunicação e *benchmarking* (OCDE, 2002b; EEA, 2005).

1.2.OBJECTIVO

O presente trabalho tem como objectivo contribuir para o estudo da relação entre o desenvolvimento económico e as pressões ambientais associadas aos resíduos, propondo um indicador de dissociação destas vertentes do sistema ambiental e sócio-económico.

1.3.METODOLOGIA GERAL

A metodologia de base utilizada para o desenvolvimento do trabalho centra-se nos seguintes aspectos:

- Na formulação de um indicador de dissociação e na análise das variáveis de que depende;
- No enquadramento dos processos de tratamento mecânico e biológico (TMB) de resíduos urbanos enquanto sistema a estudar, para o qual são definidos cenários e realizados balanços de massa que permitem calcular o indicador.

Numa segunda fase, é desenvolvido um caso de estudo, em que se aplica o modelo e os cenários acima referidos ao PERSU II e se calcula o indicador.

É ainda efectuada a análise dos resultados tendo em consideração os aspectos de enquadramento considerados mais relevantes em termos de política de gestão de resíduos, a nível nacional e comunitário.

2. ENQUADRAMENTO DE POLÍTICAS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.ASPECTOS GERAIS

A produção de resíduos tem vindo a assumir, a nível global, um elevado quantitativo, que se encontra igualmente associado a um significativo grau de heterogeneidade material e de perigosidade. Esta situação traduz, *ex ante*, ineficiências e desperdícios em termos de utilização de recursos, registando-se resistências relativamente à prevenção de resíduos e ao efectivo desacoplamento entre produção de resíduos e desenvolvimento económico. Por outro lado, a gestão dos resíduos produzidos reflecte-se, *ex post*, igualmente na necessidade de afectar recursos por forma a acautelar a protecção da saúde e do ambiente, constituindo um sector de actividade económica. Deste ciclo resulta assim um fluxo que, uma vez produzido, importa recuperar e valorizar, tendo em conta os meios disponíveis e considerando, para além da dimensão ambiental, igualmente os vectores de sustentabilidade social e económica (di Maria, F. e Pavesi, G., 2006; Dong, T. e Lee, B., 2009).

Os resíduos urbanos encontram-se directamente associados a padrões de consumo da sociedade e constituem aproximadamente 9% (*i.e.*, 255 milhões de toneladas) do total dos resíduos produzidos na União Europeia (UE 27), tendo como base a informação relativa a 2006 reportada para efeitos de cumprimento do Regulamento de Estatísticas de Resíduos (EUROSTAT, 2008). O aumento de rendimentos das populações, a urbanização e a expansão do sector dos serviços são igualmente apontados como factores que podem conduzir a um aumento da produção de resíduos urbanos (EEA, 2009).

2.1.1. Produção e destino de resíduos urbanos

Em 2007, a produção média de resíduos urbanos na UE (UE 27) foi de 522 kg *per capita*, registando-se um intervalo de valores entre 294 (República Checa) e 801 (Dinamarca) kg/hab.; em Portugal, a capitação, para o mesmo ano, foi de 472 kg/hab. (EUROSTAT, 2009a). Nos EUA, a produção de RU foi de 250 milhões de toneladas em 2008, o que corresponde a 745 kg/hab.ano (EPA, 2009a, b). No universo da OCDE, a produção de resíduos, em 2007, foi de 623 milhões de toneladas, equivalendo a 560 kg *per capita* (OCDE, 2010).

Os resíduos urbanos produzidos na UE (UE 27) tiveram como destino, em 2007, a reciclagem (22%), a compostagem (17%), a incineração (20%) e a deposição em aterro (42%) (EUROSTAT, 2009a). Nos EUA, registaram-se os seguintes destinos para os RU, em 2008: reciclagem (24%), compostagem (9%), combustão com recuperação de energia (13%) e aterro (54%) (EPA, 2009a, b).

Em Portugal, a produção de RU foi de 5.059.000 toneladas, em 2008; 10% deste quantitativo consistiu em resíduos recolhidos selectivamente para reciclagem (*i.e.*, 9% do circuito multimaterial e 1% de resíduos urbanos biodegradáveis) e, respectivamente, 6%, 19% e 65% corresponderam a resíduos destinados a compostagem (tratamento mecânico e biológico), a valorização energética e a deposição em aterro (ERSAR/APA, 2010). As Figuras 2.1 e 2.2 apresentam a evolução da produção e destino de RU, em Portugal Continental (Despacho n.º 21295/2009).

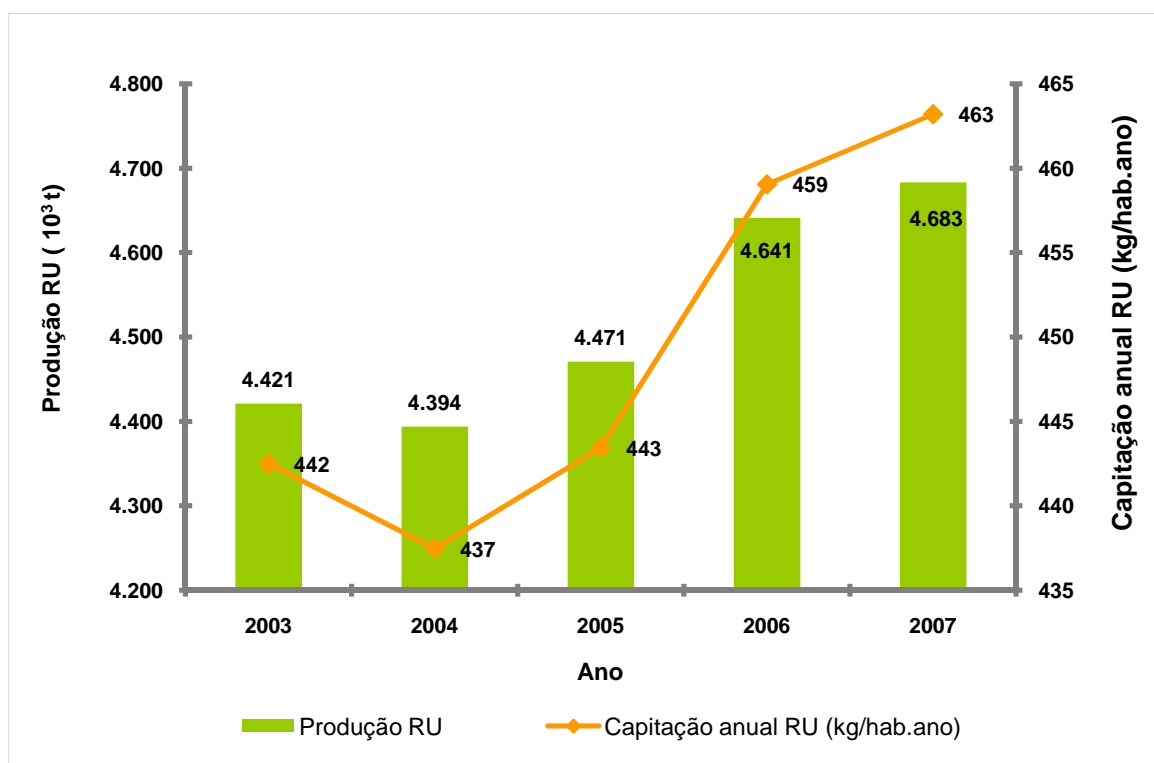


Figura 2.1. Evolução da produção de RU, em Portugal Continental.

(Fonte : Despacho n.º 21295/2009)

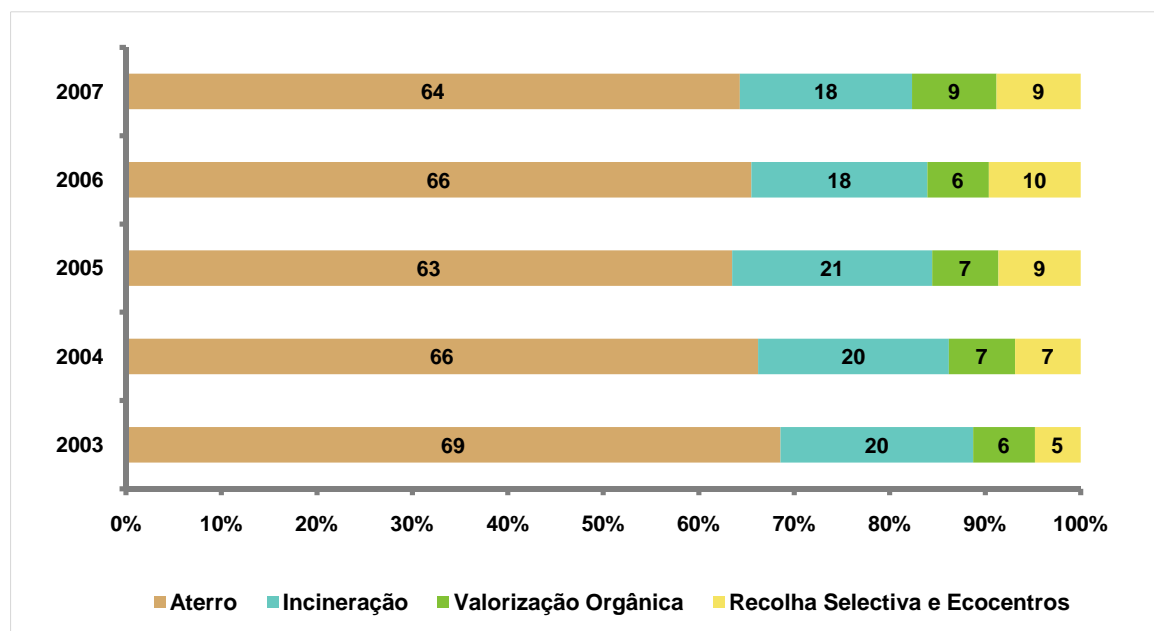


Figura 2.2. Evolução do destino de RU, em Portugal Continental.

(Fonte : Despacho n.º 21295/2009)

2.1.2. Resíduos urbanos biodegradáveis

De acordo com a definição que consta da Directiva 1999/31/CE e do Decreto-Lei n.º 183/2009, os resíduos urbanos biodegradáveis (RUB), constituídos por resíduos alimentares e de jardim, papel e cartão, representam um quantitativo muito significativo relativamente aos resíduos urbanos produzidos, *i.e.*, de cerca de 60% (Portaria n.º 187/2007), devendo a sua gestão ser dirigida à valorização de um recurso, minimizando impactes ambientais negativos inevitavelmente associados a este tipo de resíduos, ao nível do ar, solo e recursos hídricos. Neste contexto, destacam-se as implicações, em termos de efeito de estufa global, decorrentes da degradação de RUB em aterro, de que resulta a formação de CH₄ e CO₂, entre outros compostos, e o facto de os sistemas de drenagem e queima de biogás de aterro não permitirem a total eliminação de CH₄ (Müller, W., 2008).

Registam-se ainda entre os Estados-Membros da UE diferentes critérios e metodologias para estimar os RUB presentes nos RU, que a seguir se discriminam e de que resultam valores muito distintos como, por exemplo, 52% (Hungria), 57% (Alemanha), 62% (Itália) e 65% (Estónia) (EEA, 2009).

No Reino Unido, considerou-se, para a aplicação do modelo desenvolvido para o cumprimento dos objectivos de desvio de RUB de aterro, *i.e.*, *Landfill Allowance Trading Scheme* (LATS), 68% de RUB presentes nos RU (Boys, J., 2008; EA, 2008). Este valor tem em conta a totalidade dos componentes papel e cartão, resíduos putrescíveis e óleo vegetal e 50% dos componentes calçado, mobiliário e têxteis; uma vez que os dados utilizados reportam a 2000/1, está em curso a avaliação e actualização, se necessário, deste referencial.

Os bio-resíduos, em que se incluem os resíduos de jardim biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinha das habitações, dos restaurantes, das unidades de *catering* e de retalho e os resíduos similares de unidades de transformação de

alimentos, constituem cerca de 35% dos RU produzidos em 2009 na UE 27 (*i.e.*, aproximadamente, 89 milhões de toneladas) (COM, 2010a).

É ainda de referir que, embora os quantitativos de RUB provenientes de recolha selectiva de bio-resíduos e papel-cartão sejam medidos, se verifica a inexistência de um método harmonizado para medir ou estimar o quantitativo total de RUB (EEA, 2009).

2.1.3. Instrumentos da política de gestão de resíduos

A gestão de RUB e de bio-resíduos enquadra-se em diversos domínios e instrumentos da política comunitária e nacional, ao nível legislativo, de planeamento, económico-financeiro e técnico, de que se destacam os relativos a:

- Aspectos gerais referentes à gestão de resíduos;
- Operações de gestão de resíduos, tais como a reciclagem, a incineração e a deposição em aterro;
- Gestão de fluxos específicos de resíduos e fileiras de materiais;
- Prevenção e controlo integrados de poluição;
- Combate às alterações climáticas;
- Utilização de fontes de energia renováveis;
- Protecção do solo;
- Responsabilidade ambiental;
- Matérias fertilizantes;
- Lamas;
- Sub-produtos animais.

Adicionalmente, a nível comunitário, esta temática mantém-se actual, designadamente no contexto da nova Directiva Quadro relativa aos Resíduos, perspectivando-se desenvolvimentos a curto/médio prazo relativamente à gestão de

resíduos biodegradáveis/bio-resíduos, ao estatuto do composto e à protecção do solo (CE, 2009a,b; IPTS, 2009a,b).

Seguidamente, resumem-se os aspectos fundamentais da política comunitária de resíduos, estruturados com base nos respectivos instrumentos mais relevantes.

Estratégia comunitária de gestão de resíduos

A Resolução 97/C 76/01 do Conselho, de 24 de Fevereiro de 1997, relativa a uma estratégia comunitária de gestão de resíduos, constitui um importante documento de base para a gestão de resíduos, identificando objectivos, princípios, instrumentos e intervenientes neste contexto. Estabelece ainda a hierarquia de gestão de resíduos através da redução da produção de resíduos e de elevados níveis de reutilização, reciclagem e aproveitamento, reduzindo os quantitativos destinados a eliminação.

6.º Programa Comunitário de Acção em Matéria de Ambiente

O 6.º Programa Comunitário de Acção em matéria de Ambiente, estabelecido através da Decisão 1600/2002/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Julho de 2002, visa dissociar as pressões ambientais do crescimento económico, contribuindo assim para a dimensão ambiental da Estratégia de Desenvolvimento Sustentável. A utilização e gestão sustentáveis dos recursos naturais e dos resíduos constitui um dos quatro domínios prioritários de acção identificados. Neste contexto, são estabelecidos os objectivos de redução da produção e perigosidade dos resíduos, bem como dos quantitativos destinados a eliminação; constituem-se igualmente como objectivos o incentivo à reutilização e a prioridade à recuperação através da reciclagem. São ainda preconizadas como acções prioritárias a elaboração de estratégias temáticas, designadamente, para a utilização e gestão sustentável dos recursos, para a prevenção e reciclagem dos resíduos e para o uso

do solo, bem como a elaboração de legislação relativa a resíduos, incluindo, nomeadamente, os resíduos biodegradáveis e a clarificação da distinção entre resíduo e não resíduo.

Estratégia Temática sobre a Utilização Sustentável dos Recursos Naturais

Esta Estratégia Temática visa a promoção da gestão sustentável dos recursos naturais, tendo em conta um uso mais eficiente e a redução do impacte ambiental associado à utilização dos recursos, num horizonte temporal de 25 anos. Numa fase inicial, não são fixados objectivos quantitativos, dadas as lacunas existentes ao nível de informação, conhecimento e indicadores, sendo preconizadas acções com vista ao desenvolvimento destes aspectos. Trata-se de uma abordagem integrada, que contempla o conceito de análise de ciclo de vida, de que os resíduos fazem parte, a jusante (COM, 2003b; COM, 2005c).

Estratégia Temática de Protecção do Solo

A Estratégia Temática de Protecção do Solo realça a importância e as principais ameaças que pendem sobre os solos. É privilegiada a protecção e a utilização sustentável do solo, prevenindo a sua degradação e promovendo a reabilitação de solos degradados. A Estratégia aponta também para a necessidade de uma directiva relativa a esta matéria e inclui uma proposta para o efeito, que se encontra em discussão desde 2006, não tendo ainda sido possível alcançar acordo político. A diminuição da matéria orgânica constitui uma das ameaças identificadas, podendo o composto e as lamas de depuração contribuir para mitigar este efeito, aumentando o teor de matéria orgânica estável nos solos (COM, 2006c; CE, 2009b).

Estratégia Temática relativa à Prevenção e Reciclagem de Resíduos

A Estratégia Temática relativa à Prevenção e Reciclagem de Resíduos, adoptada em Dezembro de 2005 pela COM, preconiza, no âmbito da gestão de resíduos biodegradáveis, a elaboração de orientações sobre a aplicação do conceito de ciclo de vida à gestão dos resíduos biodegradáveis, a adopção de critérios de qualidade para o composto como produto e a introdução do tratamento biológico de resíduos biodegradáveis no âmbito da Directiva PICP, no contexto do processo de revisão desta Directiva (COM, 2003c; COM, 2005a).

Directiva Quadro Resíduos

A Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos (nova “Directiva Quadro Resíduos”, DQR), prevê disposições directamente aplicáveis à gestão dos bio-resíduos; salienta-se que a diferença entre os conceitos de bio-resíduos e de resíduos biodegradáveis reside no facto de o primeiro não incluir o papel e cartão e apresentar maior grau de humidade (COM, 2008). As referidas disposições incluem o incentivo à recolha selectiva tendo em vista a compostagem e a digestão anaeróbia de bio-resíduos, o seu tratamento em moldes que satisfaçam um elevado nível de protecção do ambiente e a utilização de materiais ambientalmente seguros produzidos a partir deste tipo de resíduos. Estabelece ainda objectivos de reutilização e reciclagem de resíduos, em que se poderão incluir os tratamentos biológicos, bem como condições que permitem o fim do estatuto de resíduo; o composto encontra-se entre as categorias de resíduos para as quais é necessário elaborar especificações e critérios neste contexto. São ainda indicadas orientações para futuros desenvolvimentos pela Comissão Europeia em termos da realização de uma avaliação da gestão dos bio-resíduos e, se necessário, de apresentação de uma proposta legislativa específica; neste domínio,

refere-se igualmente a avaliação da oportunidade do estabelecimento de requisitos mínimos para a gestão dos bio-resíduos e de critérios de qualidade para a sua compostagem e digestão anaeróbia.

A Directiva estabelece ainda os requisitos que, em função da eficiência energética, permitem considerar a incineração dedicada de RU como operação de valorização.

Livro Verde sobre a Gestão dos Bio-resíduos na União Europeia

O Livro Verde sobre a Gestão dos Bio-resíduos na União Europeia, apresentado e submetido a consulta alargada pela COM em Dezembro de 2008, na sequência da DQR, resume os elementos de base relativamente às actuais políticas de gestão de bio-resíduos na UE com vista a colocar questões para debate sobre o modo de melhorar a gestão deste tipo de resíduos e sobre a possível necessidade de uma futura acção política (COM, 2008).

Desenvolvimentos adicionais relativamente à gestão de bio-resíduos na UE

A temática relativa à gestão de bio-resíduos é objecto de Conclusões do Conselho de Ministros do Ambiente da UE de 25 de Junho de 2009, reiterando a elaboração, pela COM, de um estudo de avaliação de impacte de eventual proposta legislativa relativa a bio-resíduos e considerando a prevenção deste tipo de resíduos, a promoção da recolha selectiva com vista à produção de composto/digerido de qualidade, o desenvolvimento de um sistema de garantia de qualidade e o estabelecimento de critérios de qualidade para o composto, digerido e resíduos biodegradáveis estabilizados. Recomenda-se ainda o estudo do potencial dos bio-resíduos como fonte de energia renovável através da sua conversão em bio-combustíveis ou tratamento em unidades de incineração com elevada eficiência em termos de recuperação de energia (CE, 2009a).

O estudo de avaliação de impacto de uma eventual proposta legislativa, promovido pela COM e concluído em Fevereiro de 2010, pretende aferir se as medidas presentemente disponíveis são suficientes para a gestão de bio-resíduos e se a introdução de medidas adicionais poderia conduzir a melhorias significativas (COM, 2010a).

A Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu relativa às futuras etapas na gestão dos bio-resíduos na União Europeia conclui, com base no estudo acima referido, que não existem presentemente lacunas em termos das políticas e instrumentos definidos a nível da UE que impeçam os Estados-Membros de tomar medidas adequadas à gestão dos bio-resíduos. Refere ainda a importância de serem definidas orientações e indicadores específicos para a prevenção de bio-resíduos com possíveis objectivos vinculativos no futuro, bem como normas e orientações relativas aos produtos de compostagem (COM, 2010b).

A Comissão do Ambiente, da Saúde Pública e da Segurança Alimentar do Parlamento Europeu aprovou, em Junho de 2010, uma resolução sobre o Livro Verde na qual insta a Comissão a rever a legislação aplicável aos bio-resíduos a fim de elaborar uma proposta de Directiva específica até ao final de 2010, que, entre outros aspectos, inclua: a obrigatoriedade de um sistema de recolha selectiva, a reciclagem de bio-resíduos e um sistema de classificação da qualidade dos diferentes compostos resultantes dos bio-resíduos (PE, 2010).

Acresce ainda que a COM apresentou, em 2000/2001, documentos de trabalho relativos a resíduos biodegradáveis, que pretendiam ser precursores de um quadro jurídico, a nível comunitário, sobre este fluxo, integrando diversas vertentes transversais, *i.e.*, composto, lamas e solo. No entanto, os referidos trabalhos foram descontinuados pela COM (COM, 2000; COM, 2001; CE, 2006).

Estatuto de resíduo

Foi concluído pelo *Joint Research Centre* (JRC) o relatório “*End of Waste Criteria*” (IPTS, 2009a), que apresenta uma metodologia para determinação de critérios de fim do estatuto de resíduo e inclui, como caso de estudo, o composto, entre outros.

Foi igualmente apresentado o relatório “*Study on the selection of waste streams for end-of-waste assessment*” (IPTS, 2009b), que analisa diversos tipos de resíduos neste enquadramento. Indicam-se os bio-resíduos estabilizados para reciclagem como fluxo que cumpre na generalidade os princípios de fim de estatuto de resíduo e que se considera adequado para aprofundamento neste contexto; dado que a sua utilização implica contacto directo com o ambiente, aponta-se como necessária, numa fase subsequente de avaliação, a determinação de valores limite de lixiviação de poluentes. Este estudo indica ainda que os combustíveis sólidos de resíduos poderão corresponder aos critérios de fim de estatuto de resíduo, sendo necessária informação mais detalhada, bem como uma análise mais aprofundada relativamente a opções de gestão.

Análise de ciclo de vida

Encontram-se igualmente em preparação pelo JRC guias para aplicação da metodologia de análise de ciclo de vida às políticas de gestão de bio-resíduos.

Directiva Aterros

A Directiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros, constitui um instrumento de grande relevância para a gestão de RUB, uma vez que impõe que os resíduos depositados em aterro sejam pré-tratados e estabelece metas faseadas de redução dos RUB destinados aos aterros, com base nos quantitativos produzidos em 1995 (ou no ano mais recente para o qual

existam registos no EUROSTAT). Assim, são admissíveis em aterro 75, 50 e 35% dos RUB produzidos em 1995, respectivamente, em 2006, 2009 e 2016.

A Directiva prevê ainda a possibilidade de derrogação das referidas metas, por um período não superior a 4 anos, para os Estados-Membros que em 1995 depositassem mais de 80% de RU em aterro. A Bulgária, Eslováquia, Estónia, Grécia, Irlanda, Letónia, Lituânia, Polónia, Reino Unido, República Checa e Roménia adoptaram esta opção (EEA, 2009). Na sequência da publicação do Decreto-lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, Portugal adoptou a recalendarização das metas relativas a 2009 e 2016, respectivamente, para 2013 e 2020.

A Directiva estabelece igualmente a obrigatoriedade de elaboração de estratégias nacionais para o cumprimento das referidas metas através, designadamente, de reciclagem, compostagem, produção de biogás ou valorização de materiais/energia, ficando a cargo dos EM a definição de instrumentos para o efeito.

Da análise efectuada pela COM relativamente às Estratégias elaboradas pelos diversos EM (COM, 2005b), verifica-se um intervalo alargado de situações e abordagens relativamente a esta matéria. Assim, alguns EM superavam já a essa data a meta de 2016 (Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca e Holanda), outros cumpriam as metas de 2009 (França) e 2006 (Itália), e outros ainda utilizaram a derrogação de 4 anos prevista na Directiva (Grécia, Reino Unido). Assinalam-se ainda disposições relativas, designadamente, à recolha selectiva de RUB para compostagem (Áustria) e restrições relativamente à deposição em aterro; neste contexto, registam-se diversas orientações, tais como:

- Deposição apenas de resíduos pré-tratados por incineração e com COT < 5% ou resíduos provenientes de TMB (Áustria);
- Proibição de deposição de resíduos não triados, de resíduos recolhidos para valorização e da fracção combustível com COT > 6% (Bélgica);

- Proibição de deposição em aterro de resíduos incineráveis (Dinamarca);
- Recolha selectiva de RUB e compostagem em separado, deposição em aterro apenas para resíduos com COT < 3% ou de resíduos resultantes de TMB com COT < 18% (Alemanha);
- Objectivos de recolha selectiva de resíduos orgânicos e proibição de deposição de RUB recolhidos selectivamente (Holanda);
- Proibição de deposição de resíduos combustíveis e de resíduos orgânicos (Suécia).

A Directiva Aterros não indica orientações relativamente à avaliação da biodegradabilidade dos resíduos; neste contexto, diversos parâmetros têm vindo a ser estudados e utilizados (Müller, W., 2008).

Directiva Incineração

A Directiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro de 2000, relativa à incineração de resíduos, estabelece requisitos relativos ao funcionamento e monitorização de unidades de incineração e co-incineração de resíduos perigosos e não perigosos. Fixa igualmente valores limite de emissão para a atmosfera e para as descargas de águas residuais provenientes do sistema de tratamento de gases e disposições relativas à gestão de resíduos brutos e produtos residuais.

Directiva Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP)

A Directiva 2008/1/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Janeiro de 2008, tem por objectivo a prevenção e controlo integrados da poluição proveniente de instalações em que o potencial de poluição é elevado. Em termos de gestão de resíduos, aplica-se, designadamente, a instalações de incineração de RU (com

capacidade superior a 3 toneladas/hora), a instalações de eliminação de resíduos não perigosos classificadas com o código D8 (tratamento biológico) com capacidade superior a 50 toneladas/dia e a aterros (que recebam mais de 10 toneladas/dia ou com capacidade total superior a 25.000 toneladas, com excepção dos aterros de resíduos inertes). Prevê medidas destinadas a evitar e, quando tal não seja possível, a reduzir as emissões das referidas actividades para o ar, a água e o solo, incluindo medidas relativas aos resíduos, de modo a alcançar-se um nível elevado de protecção do ambiente considerado no seu todo, tendo em conta as melhores técnicas disponíveis (MTD).

Perspectiva-se que a nova directiva relativa a emissões industriais, que integra, designadamente, a revisão da directiva PCIP e da directiva relativa a grandes instalações de combustão, venha a abranger, designadamente, unidades de tratamento biológico e de pré-tratamento para incineração ou co-incineração (COM, 2007).

No contexto do mecanismo de intercâmbio de informação relativo a MTD previsto na Directiva PCIP, foram elaborados documentos de referência (BREF) para instalações de gestão de resíduos. Assim, o “BREF” para o tratamento de resíduos abrange, entre outros, os tratamentos biológicos enquanto pré-tratamento de resíduos para eliminação (incluindo TMB e processos aeróbios e anaeróbios para remediação *off-site* de solos), bem como a preparação de combustíveis a partir de resíduos (COM, 2006a). O BREF para a incineração de resíduos apresenta informação sobre a incineração de resíduos urbanos e de CDR, incluindo aspectos relativos à produção e consumo de energia e à gestão dos resíduos resultantes dos referidos processos; aborda ainda os sistemas de pirólise e gaseificação (COM, 2006b). O “BREF” para as indústrias do cimento, cal e óxido de magnésio abrange a

utilização de resíduos e, designadamente, de CDR, nas referidas actividades (COM, 2010c).

Regulamento relativo aos sub-produtos animais não destinados ao consumo humano

O Regulamento (CE) n.º 1774/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 3 de Outubro de 2002, conforme alterado, estabelece regras abrangentes em termos de sanidade animal e saúde pública relativamente à gestão de subprodutos animais não destinados ao consumo humano. Aplica-se, designadamente, aos restos de cozinha e de mesa que provenham de meios de transporte que efectuem transportes internacionais (Categoria 1) ou aos restos de cozinha e mesa de outras proveniências que sejam destinados à utilização numa unidade de biogás ou de compostagem (Categoria 3); neste caso, estabelece requisitos específicos aplicáveis à transformação nas unidades de biogás/reactores de compostagem, em termos de dimensão máxima das partículas à entrada (12 mm), temperatura mínima (70 °C) e período de permanência (60 minutos).

No entanto, nos casos em que os únicos subprodutos animais utilizados como matéria-prima numa unidade de biogás ou de compostagem sejam restos de mesa e cozinha (classificados como matérias de Categoria 3), e na pendência da adopção de regras harmonizadas específicas, podem autorizar-se, a nível nacional, requisitos distintos que garantam um efeito equivalente quanto à redução dos agentes patogénicos.

Directiva Fontes de Energia Renováveis

A Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis,

estabelece o objectivo global de utilização de pelo menos 20% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia da Comunidade até 2020. Para Portugal, foi estabelecido o objectivo de 31%. A biomassa, em que se inclui a fracção biodegradável dos resíduos urbanos e industriais, constitui uma fonte de energia renovável.

Esta Directiva estimula a produção descentralizada de energia renovável. Poderá igualmente representar um incentivo adicional ao desvio de RUB de aterro (EEA, 2009), constituindo a incineração com recuperação de energia e a digestão anaeróbia fontes de energia renováveis.

A Directiva, que deverá ser transposta até 5 de Dezembro de 2010 (conforme rectificação), preconiza ainda que os EM deverão elaborar planos de acção nacionais para as energias renováveis até 30 de Junho de 2010, de acordo com o modelo estabelecido para o efeito pela Decisão da Comissão 2009/548/CE, que inclui, designadamente, a quantificação da fracção biodegradável de resíduos urbanos incluindo os bio-resíduos e os gases de aterro; neste contexto, deve igualmente ser indicada a base de cálculo da fracção biodegradável dos RU.

2.1.4. Situação nacional - Política de gestão de resíduos urbanos

O Projecto para o Plano Nacional de Resíduos, apresentado em 1995, inclui, no domínio dos resíduos urbanos, o diagnóstico da situação de base e objectivos para o ano 2000 ao nível do desenvolvimento da reciclagem, incineração, compostagem e deposição em aterro, bem como a erradicação de lixeiras. Apresenta ainda uma cronologia de marcos importantes, em termos de definição de competências e objectivos para a gestão de resíduos urbanos em Portugal, desde 1927 (MARN, 1995).

Por outro lado, o Plano Estratégico Sectorial para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), aprovado em 1997, caracteriza a situação de referência, na qual é diagnosticada a existência de mais de 300 lixeiras no Continente. Este plano apresenta as bases para a estruturação do sector de gestão de resíduos urbanos e estabelece como linhas de acção prioritárias o desenvolvimento da recolha selectiva multimaterial, a construção de infra-estruturas de gestão de resíduos e o encerramento de lixeiras. Estabelece também metas quantitativas de redução, valorização material e orgânica, incineração e deposição em aterro para o período 2000 – 2005 e metas de tratamento não quantificadas para 2010 (MA, 1997).

Em cumprimento do disposto na Directiva Aterros, foi adoptada a Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) destinados aos Aterros (ENRRUBDA) (MCOTA, 2003). As medidas estabelecidas com vista ao cumprimento dos objectivos de desvio de RUB de aterro para 2006, 2009 e 2016 têm como base o aumento da capacidade instalada de valorização orgânica, com grande aposta na recolha selectiva de bio-resíduos, o reforço da recolha selectiva de papel e cartão para reciclagem e o aumento da capacidade de incineração de resíduos indiferenciados.

O Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados (PIRSUE), aprovado pelo Despacho n.º 454/2006, efectua um diagnóstico da situação, identificando pontos críticos e medidas estruturantes para a gestão de RU, ao nível da recolha selectiva, valorização, deposição em aterro e optimização de sistemas. No contexto deste trabalho, destacam-se as medidas que visam o estudo da valorização energética das fracções de refugo provenientes da triagem e do tratamento mecânico e biológico de resíduos através da produção de combustíveis derivados de resíduos.

O Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007 – 2016 (PERSU II), aprovado pela Portaria n.º 187/2007, dá particular destaque ao cumprimento da Directiva Embalagens e dos objectivos de desvio de RUB da Directiva Aterros, revendo, neste contexto, a ENRRUBDA. Considera ainda como base alguns dos eixos e medidas já identificados no PIRSUE e revê o PERSU. Entre as medidas previstas no PERSU II, encontra-se o reforço das infra-estruturas que envolvem a valorização e tratamento de resíduos biodegradáveis, tais como unidades de compostagem, de digestão anaeróbia, de tratamento mecânico e biológico e de incineração, bem como o estabelecimento de critérios de qualidade para os materiais reciclados, composto e combustíveis derivados de resíduos (CDR).

Em cumprimento do Decreto-lei n.º 178/2006 e do PERSU II, os Sistemas de Gestão de RU elaboram planos de acção (PAPERSU) tendo como objectivo a integração dos princípios e medidas daquele Plano.

Na sequência do PERSU II, a Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos, adoptada através do Despacho n.º 21295/2009, estabelece o enquadramento e as medidas de actuação com vista à recuperação de CDR a partir dos rejeitados e refugos das unidades de triagem, de tratamento mecânico e de tratamento mecânico e biológico de resíduos urbanos, tendo como princípio de base o cumprimento da hierarquia de resíduos. Considera ainda a possibilidade de sinergias com resíduos de origem industrial e com fluxos específicos de resíduos, bem como a optimização da gestão da fracção resto dos RU através da produção de CDR. Encontra-se ainda prevista a preparação de uma estratégia relativa ao composto.

O Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos (PPRU), aprovado pelo Despacho n.º 3227/2010, integra-se no âmbito da DQR e do PERSU II e visa contribuir para a dissociação da produção de resíduos urbanos do crescimento económico,

encarando a prevenção na óptica da redução da quantidade e da perigosidade dos resíduos produzidos. Estabelece medidas de acção, aplicáveis a diferentes intervenientes, centradas nos diversos componentes que constituem os RU (tais como os resíduos orgânicos, o papel e o cartão).

Encontra-se ainda em elaboração o Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR), tratando-se de um instrumento abrangente para a gestão de resíduos, em que se incluem os resíduos urbanos.

2.2. TRATAMENTO MECÂNICO E BIOLÓGICO

2.2.1. Aspectos gerais

Os processos de tratamento mecânico e biológico (TMB) podem envolver diversas operações físicas e biológicas tendo como objectivo a recuperação de materiais, a estabilização da fracção orgânica e a redução de volume. Os resíduos sujeitos a tratamento são tipicamente indiferenciados obtendo-se, através do processo, material orgânico estabilizado e fluxos recicláveis (e.g. metal, plástico e vidro) e combustíveis (*i.e.*, biogás e/ou combustíveis derivados de resíduos) (Juniper, 2005; COM, 2006a).

Os TMB têm tido um desenvolvimento significativo, designadamente ao nível da União Europeia (e.g., em Itália, Alemanha, Espanha e Áustria), associado à evolução dos processos de compostagem e ao cumprimento dos objectivos de desvio de RUB preconizados na Directiva Aterros num curto prazo e sem recurso ao aumento de capacidade de incineração, perspectivando-se igualmente o aumento de capacidade no Reino Unido, França e países da Europa de Leste.

São apontadas aos TMB vantagens em termos de custos, em particular, custos de investimento comparativamente inferiores aos de sistemas de tratamento térmico, bem como de viabilidade económica para unidades de pequena dimensão. Trata-se

igualmente de sistemas flexíveis, que se adaptam às condições locais e em função de objectivos de gestão de resíduos, podendo desenvolver-se de forma modular; acresce ainda a aplicabilidade a áreas de reduzida produção de resíduos, adaptabilidade tendo em vista atingir requisitos mais exigentes tais como a obtenção de fracções de elevado poder calorífico, aplicação a um intervalo alargado de quantitativos e tipos de resíduos e possibilidade de combinação com tecnologias de tratamento orgânico (Heermann, C., 2003; Juniper, 2005; Steiner, M., 2006; Hogg, D. *et al.*, 2007; Garg, A. *et al.*, 2007; Müller, W., 2008).

No contexto da optimização da produção de combustível, em termos quantitativos e de conteúdo energético, os TMB permitem reduzir a concentração de substâncias perigosas ou indesejáveis, influenciando a tipologia e sequência de operações no rendimento, poder calorífico e grau de contaminação do produto (Rotter, V. *et al.*, 2004).

Encontram-se ainda em funcionamento unidades de TMB de resíduos indiferenciados através de estabilização seca, designadamente, na Alemanha, Bélgica, Espanha, Itália e Reino Unido. Pretende-se com estes processos a redução do teor em humidade dos resíduos, para optimização dos processos mecânicos de separação a jusante e aumento do poder calorífico dos resíduos destinados a aproveitamento energético, minimizando a redução do conteúdo biogénico dos mesmos. Assegura-se a remoção de humidade através do aumento de temperatura que resulta da actividade biológica e de arejamento forçado da massa de resíduos. Pode promover-se um estágio mais acentuado de degradação da matéria orgânica caso se pretenda um material mais estável para armazenamento/transporte (Velis, C. *et al.*, 2009).

Estes sistemas são também compatíveis com o desenvolvimento da recolha selectiva de bio-resíduos, passando o fluxo de entrada nos TMB a apresentar menor

teor em humidade e sendo possível a recuperação de cerca de 45% de CDR com poder calorífico de aproximadamente 18 – 20 MJ/kg (Hogg, D. *et al.*, 2007).

Do TMB pode ainda resultar um fluxo de bio-resíduos estabilizados para aplicação no solo (as diversas aplicações potenciais incluem culturas para produção alimentar, floresta, culturas energéticas, produção de suportes de cultura, horticultura, jardinagem, melhoramento de solos em zonas áridas, construção de bermas de estrada, trabalhos de integração paisagística e recuperação de áreas contaminadas), cobertura de resíduos em aterro ou apenas deposição em aterro (Juniper, 2005; COM, 2008). Registam-se, ao nível da UE, diversos enquadramentos relativamente à classificação e utilização deste fluxo, *i.e.*, pode ser considerado composto ou resíduo estabilizado (IPTS, 2008). A deposição do resíduo estabilizado em aterro apresenta vantagens comparativamente com a eliminação do resíduo não tratado, em termos de redução de volume, aumento de compactação, redução do quantitativo e da carga de lixiviados e da produção de biogás; no entanto, dada a menor permeabilidade dos resíduos estabilizados, podem ocorrer dificuldades de exploração, ao nível da deposição dos resíduos e da drenagem de biogás e de lixiviados, bem como maior instabilidade estrutural da massa de resíduos (Greenpeace, 2003).

2.2.2. Produção de CDR

Tem vindo a registar-se um interesse crescente relativamente à produção e utilização de combustíveis derivados de resíduos (CDR), atendendo a aspectos de natureza económica, dado o aumento do preço dos combustíveis fósseis e factores associados às políticas de ambiente e gestão de resíduos, tais como a fixação de objectivos de redução de emissões de gases de efeito de estufa, de promoção da

utilização de energias renováveis e de valorização de resíduos, bem como a aplicação de taxas de deposição em aterro (COM, 2006a).

Como principais vantagens dos CDR, enquanto combustíveis, relativamente aos RU, aponta-se o maior poder calorífico e homogeneidade em termos de composição físico-química, maior facilidade de armazenamento, manipulação e transporte, menor emissão de poluentes e redução do ar necessário para a combustão. Através da produção de CDR é igualmente possível desagregar, em termos logísticos, a produção de energia do processo de tratamento de resíduos, potenciando ainda a segurança e diversidade no contexto do fornecimento de energia (EPA, 1995; Caputo, A. e Pelagagge, P., 2002a; Garg, A. *et al.*, 2007; Müller, W., 2008).

Os CDR podem ser produzidos a partir de refugos de reciclagem de RU, resíduos de construção e demolição, lamas e resíduos do comércio e indústria, incluindo papel e cartão, pneus usados, têxteis, biomassa e resíduos do desmantelamento de veículos em fim de vida (IPQ, 2008; IPTS, 2009b).

Estima-se o potencial de produção de CDR na UE 27 em 70 Mt, em 2004, tendo 45 a 49% deste quantitativo origem em RU. A produção de CDR a partir de RU é mais expressiva em países que registam elevados níveis de recolha selectiva e reciclagem, em que são produzidos grandes quantitativos de resíduos não recicláveis com elevado poder calorífico, tais como a Áustria, Alemanha e Holanda; a capacidade de produção de CDR está a aumentar na Áustria, Bélgica, Finlândia, Itália e Holanda, com a construção de novas unidades de TMB (IPTS, 2009b). Os países escandinavos são igualmente produtores de CDR, destinados a aquecimento (Hilber, T. *et al.*, 2007).

Os valores típicos de poder calorífico dos RU são de 7,5 – 10,5 MJ/kg. Para os CDR obtidos a partir de TMB de RU são apontados valores de poder calorífico inferior e superior de, respectivamente, 16,6 e 19,9 MJ/kg. Relativamente aos CDR

produzidos na Europa a partir de RU é ainda indicado o intervalo 10 – 40 MJ/kg (COM, 2006a).

O conteúdo biogénico dos CDR pode apresentar valores de 50 – 60%, contribuindo assim a sua utilização para a redução das emissões de carbono e para a quota de produção de energia renovável (COM, 2006a). Hilber, T. *et al.* (2007) indicam o intervalo 40 – 80% relativamente ao conteúdo biogénico dos CDR.

A produção de CDR consiste numa sequência de operações unitárias, incluídas numa ou mais linhas, para obtenção, com a maior eficiência e menores custos, de um material com as características pretendidas. Na perspectiva de caracterização e optimização de processos, foram estudados diversos sistemas de produção de CDR em termos de operações/sequência de operações (incluindo redução de volume, classificação/separação, secagem e densificação/peletização) e correspondente produção de CDR (analisando o rendimento mássico, PCI, teor em humidade e cinzas e custos unitários) (Caputo, A. e Pelagagge, P., 2002a).

Foi igualmente estudada a adição de pneus usados a CDR produzidos a partir de RU, permitindo desta forma atingir valores superiores de poder calorífico inferior com maior eficiência e menores custos; esta opção poderá incorrer em constrangimentos associados à disponibilidade, a prazo, de pneus usados para esta finalidade (Caputo, A. e Pelagagge, P., 2002a). É ainda relevante o estudo do potencial e limitações da co-combustão de lamas, analisando aspectos económicos, sociais, ambientais e operacionais (Cartmell, E. *et al.*, 2006).

Podem produzir-se diversos tipos de CDR, em função da respectiva densidade e tamanho de partícula, *e.g.*, *fluff*, *densified* e *coarse* CDR (Tchobanoglous, G. *et al.*, 1993; Caputo, A. e Pelagagge, P., 2002a).

Os valores apresentados na Tabela 2.1 efectuam um balanço aos principais fluxos de saída de unidades TMB, em função dos quantitativos de entrada.

Tabela 2.1. Principais fluxos de saída de processos de TMB, em função dos quantitativos de entrada.

Referência	Material orgânico (%)	Metais ferrosos (%)	Metais não ferrosos (%)	Plástico (%)	Papel (%)	Vidro (%)	Inertes (%)	CDR (%)	Rejeitados (%)
Diaz, L. et al., 1993		15						60 a 70	15 a 25
	40 a 55	15							30 a 45
Lund, H. F. (2001)		20						55	25
	55	5							40
COM, 2003a								23 a 50	
Juniper, 2005	8 a 50	1 a 7		5 a 17	1,4 a 7,0	1,5 a 8,0		40 a 62 (CDR) 50 a 55 (CSR)	
COM, 2006a	55 (35 CLO)	3,2 a 4,0	0,8 a 1,0				4,86	55	
Velis <i>et al.</i> , 2009	5 a 17	3,4	0,6					35	4 a 18
Gascoyne, A., 2009	10,5	3,0	0,5			11,0		50	
de Feo, G. e Malvano, C. 2009	24,85		2,95					39,20	15
PERSU II	8	5						55	10
Despacho 21295/2009	30 a 40	5 a 10						40 a 55	10

Na Tabela 2.2 indicam-se valores correspondentes à produção de CDR, em função dos quantitativos processados, e correspondente poder calorífico inferior, atendendo aos processos utilizados.

Tabela 2.2. Produção de CDR e correspondente PCI.

Processo	Produção de CDR (%) [*]	PCI (MJ/kg)	Referência
	23	15,7	di Maria, F. e Pavesi, G., 2006
TMB	30 a 46	16,6	COM, 2006a
TMB	41,4 a 51,6	13	Müller, W. <i>et al.</i> , 2008
DA	25,7	17	COM, 2006a
TMB (estabilização seca)	50	15 a 18	Garg, A. <i>et al.</i> , 2007
	45	18 a 20	Hogg, D. <i>et al.</i> , 2007
	50,9	14,0	Müller, W. <i>et al.</i> , 2008
		15 a 18	Juniper, 2005
	35 a 55		Velis <i>et al.</i> , 2009

* Trata-se de percentagens em massa relativamente ao fluxo de entrada no processo.

A título exemplificativo, e para comparação, os valores de PCI de alguns combustíveis comumente usados são: fuelóleo: 41,2 MJ/kg; gasóleo: 42,3 – 43,3 MJ/kg; gás natural: 45,1 MJ/kg (Despacho 17313/2008).

2.2.3. Normas e sistemas de qualidade

É importante o desenvolvimento de padrões de qualidade para os CDR para a sua aceitação como combustíveis de substituição ou auxiliares com pequenas modificações do sistema de combustão (Caputo, A. e Pelagagge, P., 2002a). Como exemplos de normas e sistemas de classificação e qualidade para os CDR podem indicar-se os seguintes (COM, 20006a; Frankenhaeusen, M., 2009; Portal ASTM, 2010):

- UNI 9903 *Non mineral refuse derived fuels RDF* 1992 (Itália);
- SFS 5875 *Solid Recovered Fuel - Quality Control System* 2000 (Finlândia);
- RAL-GZ 724 *Quality Assurance of Solid Recovered Fuels* 2001 (Alemanha);
- ASTM *International* (ex-American Society for Testing and Materials) (EUA).

Na sequência do Mandato 325 da COM, o CEN preparou um conjunto de especificações técnicas e relatórios técnicos que servem de base ao processo de elaboração de normas europeias, em curso até 2012 (CEN/TC 343 - *Solid Recovered Fuels*). Uma vez publicadas, as normas europeias devem ser implementadas pelos membros do CEN, deixando as normas nacionais de ser consideradas (COM, 2002; Frankenhaeusen, M., 2009).

Em Portugal, foi publicada, em Dezembro de 2008, a Norma Portuguesa (NP) 4486, “Combustíveis derivados de resíduos e biocombustíveis sólidos”, preparada pela Comissão Técnica 172, que considera os requisitos definidos no documento CEN/TS 15359/2006 (*Solid Recovered Fuels - Specifications and Classes*) e os respectivos métodos de ensaio e gestão da qualidade (IPQ, 2008).

2.2.4. Classificação de CDR

O sistema de classificação para os CDR estabelecido pelo CEN/TC 343 e vertido na NP 4486 define classes de CDR considerando o poder calorífico inferior (parâmetro económico), o teor em cloro (parâmetro técnico) e o teor em mercúrio (parâmetro ambiental), que se apresentam na Tabela 2.3 (IPQ, 2008).

Tabela 2.3. Sistema de classificação de CDR.

Parâmetro	Medida estatística	Unidade	Classes				
			1	2	3	4	5
Poder Calorífico Inferior (PCI)	Média	MJ/kg (t.q.)	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3
Teor de Cloro	Média	% (b.s.)	≤0,2	≤0,6	≤1,0	≤1,5	≤3
Teor de Mercúrio	Mediana	mg/MJ (t.q.)	≤0,02	≤0,03	≤0,08	≤0,15	≤0,50
	Percentil 80	mg/MJ (t.q.)	≤0,04	≤0,06	≤0,16	≤0,30	≤1,00

(adaptado de IPQ, 2008)

São igualmente importantes e obrigatórias, de acordo com a referida Norma, especificações como a forma e o tamanho da partícula e o teor em humidade, cinzas e metais pesados (IPQ, 2008).

No âmbito desta temática, surge também a designação “Combustíveis Sólidos Recuperados” (CSR), associada a um combustível mais homogéneo e com menor contaminação relativamente aos CDR; os CSR são ainda associados à noção de produto, com as correspondentes especificações (Garg, A. *et al.*, 2007). Para efeitos de simplificação de linguagem, no presente trabalho privilegia-se utilização da designação “CDR”.

Os CDR são ainda classificados como resíduos, de acordo com o “Código 19 12 10 – Resíduos combustíveis (combustíveis derivados de resíduos)” da Lista Europeia de Resíduos (LER) (Despacho 21295/2009). Acresce, neste contexto, que, no Caso C-283/07 (Comissão das Comunidades Europeias/República Italiana), o TEJ deliberou que a República Italiana não cumpriu as suas obrigações no que respeita à Directiva 75/442/CEE, ao adoptar legislação que permite que, entre outros, os CDR de elevada qualidade (*i.e.*, produzidos de acordo com as normas técnicas e resultantes de um processo de produção que aplique um sistema de gestão da qualidade) e destinados a utilização efectiva em co-combustão (em unidades de produção de energia eléctrica ou em cimenteiras), sejam *a priori* isentos da aplicação da legislação nacional que transpõe a referida Directiva (TEJ, 2008a,b).

A classificação dos CDR poderá ainda evoluir no contexto da DQR e da aplicação do fim do estatuto de resíduo previsto neste diploma.

2.2.5. Utilização de CDR

Os CDR podem ser utilizados para produção de electricidade e/ou calor, *per si*, directa ou indirectamente, após conversão em combustível líquido ou gasoso, ou

juntamente com combustíveis tradicionais, em centrais térmicas, caldeiras de unidades industriais, cimenteiras, unidades de incineração, indústria de papel e do aço e fornos cal (CE, 2003a; CE, 2006a; Hilber, T. *et al.*, 2007; IPTS, 2009b; Gawlik, B., 2009).

A eficiência energética é superior nas aplicações que envolvem produção de calor, comparativamente com a produção de electricidade; podem ainda atingir-se eficiências energéticas superiores na utilização directa de CDR em processos industriais (e.g., fornos de cimento) (Müller, W. *et al.*, 2008).

No entanto, embora seja esperada uma maior eficiência energética na utilização de CDR em centrais de produção de energia em regime de co-geração, são ainda de referir incertezas tecnológicas associadas a esta utilização, de que é exemplo o efeito da exposição dos tubos das caldeiras aos sub-produtos de combustão (Consonni, S. *et al.*, 2005a,b). Este tipo de utilização de CDR é assim condicionado pelas suas características químicas, designadamente, teor em metais alcalinos, cloro e enxofre, que podem induzir fenómenos de deposição e corrosão nas caldeiras; estes constituintes, bem como os metais pesados, podem ainda afectar negativamente a composição e características das cinzas, o que se traduz em maiores custos para a sua eliminação (Juniper, 2005; COM, 2006a; Frankenhaeuser, M. *et al.* 2008).

A utilização de CDR, quando comparada com a de combustíveis tradicionais como o carvão, regista um decréscimo na produção de electricidade/calor (devido ao menor poder calorífico e ao maior teor de humidade da mistura contendo CDR), a redução do efeito de aquecimento global (considerando que o CDR é constituído por cerca de 70% de biomassa), a redução de emissões de enxofre (*i.e.*, menor efeito de acidificação) e o aumento do teor em cinzas (Garg, A. *et al.*, 2007). Hilber, H. *et al.* (2007) descrevem testes de co-combustão utilizando 2 e 4% de CDR numa central a

carvão, não tendo identificado alterações ao nível das emissões atmosféricas; acresce que as características das cinzas produzidas permitem ainda a sua deposição em aterro e que são recomendados estudos de longa duração relativamente aos fenómenos de deposição e corrosão.

Em termos tecnológicos, os sistemas de leito fluidizado ou de grelha com arrefecimento por água são indicados para combustíveis/CDR com poder calorífico superior a 12-13 MJ/kg (Consonni, S. *et al.*, 2005a).

Os sistemas de leito fluidizado apresentam vantagens tais como maior eficiência de combustão, redução da produção de NO_x, maior eficiência de redução de sulfuretos directamente na câmara de combustão, produção de menor caudal de efluente gasoso e maior recuperação de calor. Como desvantagens, é referido o facto de se tratar de um sistema mais complexo e com maior risco de corrosão, a necessidade de garantir que a temperatura do meio inerte se mantém abaixo do ponto de fusão, maiores custos de operação e manutenção, maior custo de capital e menor flexibilidade relativamente às características do combustível (di Maria, F. e Pavesi, G., 2006).

Os requisitos em termos de forma e dimensão de partícula encontram-se associados ao sistema de transporte, doseamento/alimentação e combustão; assim, linhas pneumáticas requerem combustível na forma de *fluff*, enquanto transportadores convencionais de correias na de *pellets*; os CDR podem ainda apresentar-se na forma de briquettes ou de fardos (COM, 2006a; Garg, A. *et al.*, 2007).

2.2.6. Mercado de CDR

São referidos na literatura constrangimentos associados à inexistência de mercado para a totalidade dos CDR produzidos, em resultado da proibição da deposição de resíduos pré-tratados em aterro e da ocorrência de deficits de capacidade instalada

de valorização energética de resíduos. Nesta situação, recomenda-se o enfardamento e deposição temporária dos resíduos, situação que acarreta, no entanto, potenciais riscos ambientais e para a saúde e segurança, bem como custos acrescidos, existindo ainda lacunas de conhecimento relativamente ao comportamento a prazo dos resíduos armazenados. Perspectiva-se, contudo, o aumento da utilização de CDR na Alemanha, Bélgica, Itália, França, Espanha e Reino Unido, incluindo a sua utilização em unidades de gaseificação e pirólise e a co-combustão em centrais térmicas a carvão (Hilber, T. *et al.*, 2007; Wagner, J. e Bilitewski, B., 2009; IPTS, 2009b; Segura, A., 2009).

Por outro lado, constata-se a existência de capacidade instalada de incineração de resíduos que não está a ser utilizada, por exemplo, na Alemanha e na Holanda. São apontadas como causas para esta situação, designadamente, a diminuição da produção de resíduos, em resultado de factores demográficos, o desenvolvimento do sistema de reciclagem e o aumento da capacidade de incineração. Verifica-se assim apetência para a realização de movimentos transfronteiriços de CDR por motivos de mercado e para equilíbrio entre a oferta e a procura e escoamento do material (Waeyenbergh, E., 2009; ENDS, 2010a,b; Grundmann, T., 2010).

Na sequência do exposto, a utilização de CDR apresenta incertezas que se traduzem, designadamente, na inexistência de valor de mercado. Neste enquadramento, para o produtor de CDR, pode constituir receita a prestação do serviço de tratamento de resíduos e custo o envio de CDR, para uma terceira parte, para utilização como substituto de combustíveis tradicionais. Assim, a produção de CDR *per si* poderá não ser atractiva, enquanto a sua integração num sistema que permita igualmente a produção de energia a partir de CDR poderá inverter a situação. Influem ainda no balanço económico os incentivos à produção de CDR/energia através de CDR (Caputo, A. e Pelagagge, P., 2002b).

Como exemplo, é apontado para o CDR de qualidade, com poder calorífico superior a 20MJ/kg e teor em cloro inferior a 0,5%, um custo para a indústria cimenteira de (-)5 a (+)10 €/t (Garg, A. *et al.*, 2007); encontra-se igualmente referência ao pagamento de 17 a 80 €/t para envio de CDR para co-incineração em fornos industriais, na Europa (Otero, L., 2009).

Acresce que o mercado de CDR depende ainda das condições locais, em termos gerais, em que se inclui a geografia, produção de resíduos, disponibilidade de instalações para utilização de CDR e procura de combustíveis fósseis, bem como de outros factores, designadamente, custos de transporte, tratamento e deposição em aterro.

A Figura 2.3 ilustra o modo como alguns dos factores atrás referidos influenciam o preço do CDR.

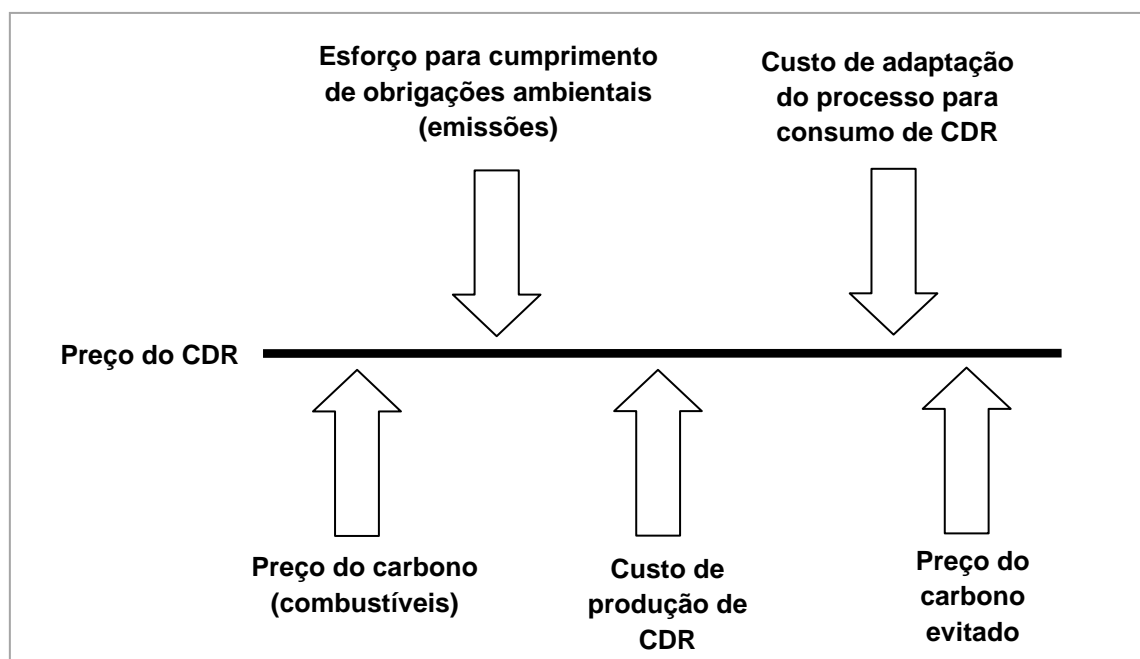


Figura 2.3. Factores que influenciam o preço dos CDR.

(adaptado de Relea, F., 2009)

São identificados diversos instrumentos legais e de política do ambiente e energia que incentivam e dificultam, directa ou indirectamente, a utilização de CDR, conforme representado na Figura 2.4 (Garg, A. *et al.*, 2007).

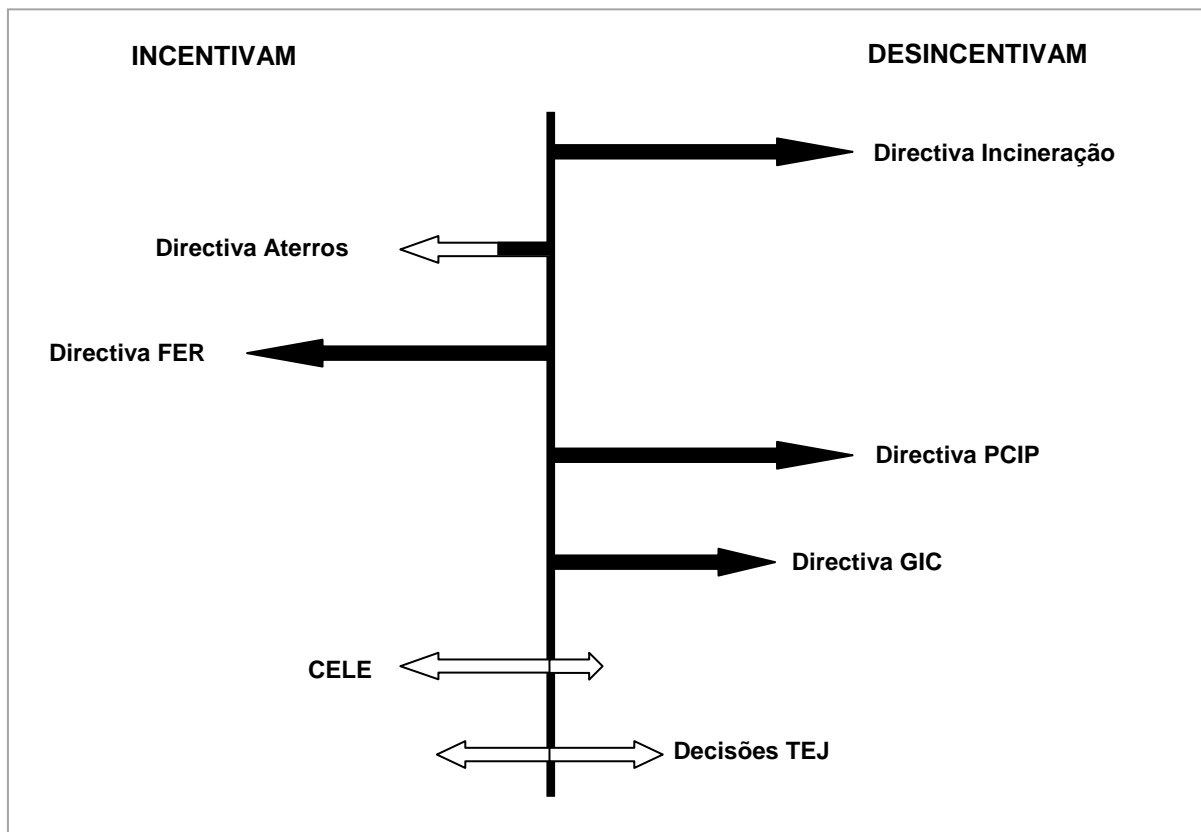


Figura 2.4. Influência relativa da legislação e políticas na utilização de CDR.

(Nota: linhas preenchidas - influência directa; linhas não preenchidas - efeito indirecto)

(adaptado de Garg, A. *et al.*, 2007).

Neste enquadramento, a necessidade de adaptar as instalações de modo a assegurar o cumprimento de requisitos ambientais, designadamente ao nível das emissões atmosféricas, poderão constituir um desincentivo à utilização de CDR. Em sentido oposto, e no caso de os CDR apresentarem um conteúdo apreciável de carbono biogénico, este aspecto é favorável do ponto de vista do desvio de resíduos biodegradáveis de aterro e do recurso a energias renováveis. A utilização de CDR com elevado teor de biomassa é igualmente interessante no contexto do Comércio

Europeu de Licenças de Emissão (CELE), permitindo reduzir a necessidade de aquisição de créditos de emissão de carbono ou mesmo possibilitando a venda dos créditos adicionais obtidos; no entanto, este mecanismo pode igualmente estimular a utilização de outros tipos de biomassa, tais como os resíduos de madeira, que entram assim em competição com os CDR. É ainda de assinalar que, na sequência de decisões do Tribunal Europeu de Justiça (TEJ), a utilização de resíduos como combustível pode ser enquadrada enquanto operação de valorização (e.g., num forno de cimento) ou de eliminação (e.g., numa unidade dedicada de incineração de resíduos), tratando-se de um aspecto relevante em termos de mercado (Garg, A. *et al.*, 2007).

2.3. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA – PERSU II

O Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007 – 2016 (PERSU II) constitui o instrumento de base da política de gestão de resíduos urbanos em Portugal, para o horizonte indicado.

De entre as medidas preconizadas neste Plano destacam-se as que se enumeram em seguida:

- A optimização da gestão através da fusão de Sistemas e/ou partilha de infra-estruturas, tratando-se de um desiderato já previsto no PERSU I;
- O cumprimento de objectivos faseados de desvio de RUB de aterro, através da reciclagem de papel e cartão, valorização orgânica e incineração, fixando a contribuição de cada Sistema para o efeito e contando com as infra-estruturas à data instaladas e com o reforço da capacidade de tratamento. Neste contexto, e para além de infra-estruturas de compostagem e digestão anaeróbia de resíduos recolhidos selectivamente, incluem-se unidades de TMB para o tratamento de resíduos indiferenciados, apostando na

flexibilidade e na maior agilidade de implementação inerentes a este tipo de instalação; resultam do processo de tratamento materiais recicláveis, composto, CDR e energia. Prevê-se ainda o aumento faseado da recolha selectiva de RUB, com a possibilidade de os mesmos serem encaminhados para novas unidades de TMB ou no quadro de futuras ampliações destas instalações;

- A construção de unidades de TM, para recuperação de recicláveis e produção de CDR;
- A utilização de CDR em unidades dedicadas de incineração, bem como a possibilidade da sua valorização em regime de co-incineração e a valorização conjunta de lamas de ETAR e CDR;
- O desenvolvimento de critérios de qualidade/especificações técnicas para o composto e o CDR;
- A aplicação de instrumentos económico-financeiros, tais como programas de financiamento comunitários e a taxa de gestão de resíduos. Assim, no âmbito do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) para o período 2007-2013, o Programa Operacional Temático Valorização do Território (POVT), através do Eixo Prioritário VIII (Infra-Estruturas Nacionais para a Valorização de Resíduos Sólidos Urbanos) tem como objectivos específicos desviar a matéria orgânica de aterro e incrementar os processos de valorização multimaterial. Para o efeito, abrange unidades de TMB, incluindo separação mecânica e/ou valorização orgânica (por digestão anaeróbia e/ou compostagem), unidades de compostagem de verdes e de valorização das fracções de refugo, incluindo a produção de CDR. Por outro lado, a aplicação de taxas de gestão de resíduos (TGR) para as operações de fim de linha foi introduzida pelo Decreto-Lei n.º 178/2006 como instrumento de apoio ao

cumprimento da hierarquia de gestão de resíduos; na sequência de alteração do referido diploma, foi posteriormente definido o agravamento da TGR sobre os quantitativos de resíduos recicláveis encaminhados para incineração, co-incineração e deposição em aterro.

O PERSU II estabelece ainda o acompanhamento e monitorização da execução da estratégia delineada naquele Plano, incluindo uma avaliação intercalar no final de 2010.

A Figura 2.5 representa 25 Sistemas constituídos para a gestão de RU no Continente. Através da recente criação do Sistema Multimunicipal das Regiões de Lisboa e do Oeste, por fusão da VALORSUL e RESIOESTE, passou a ser de 24 o número de Sistemas no Continente.

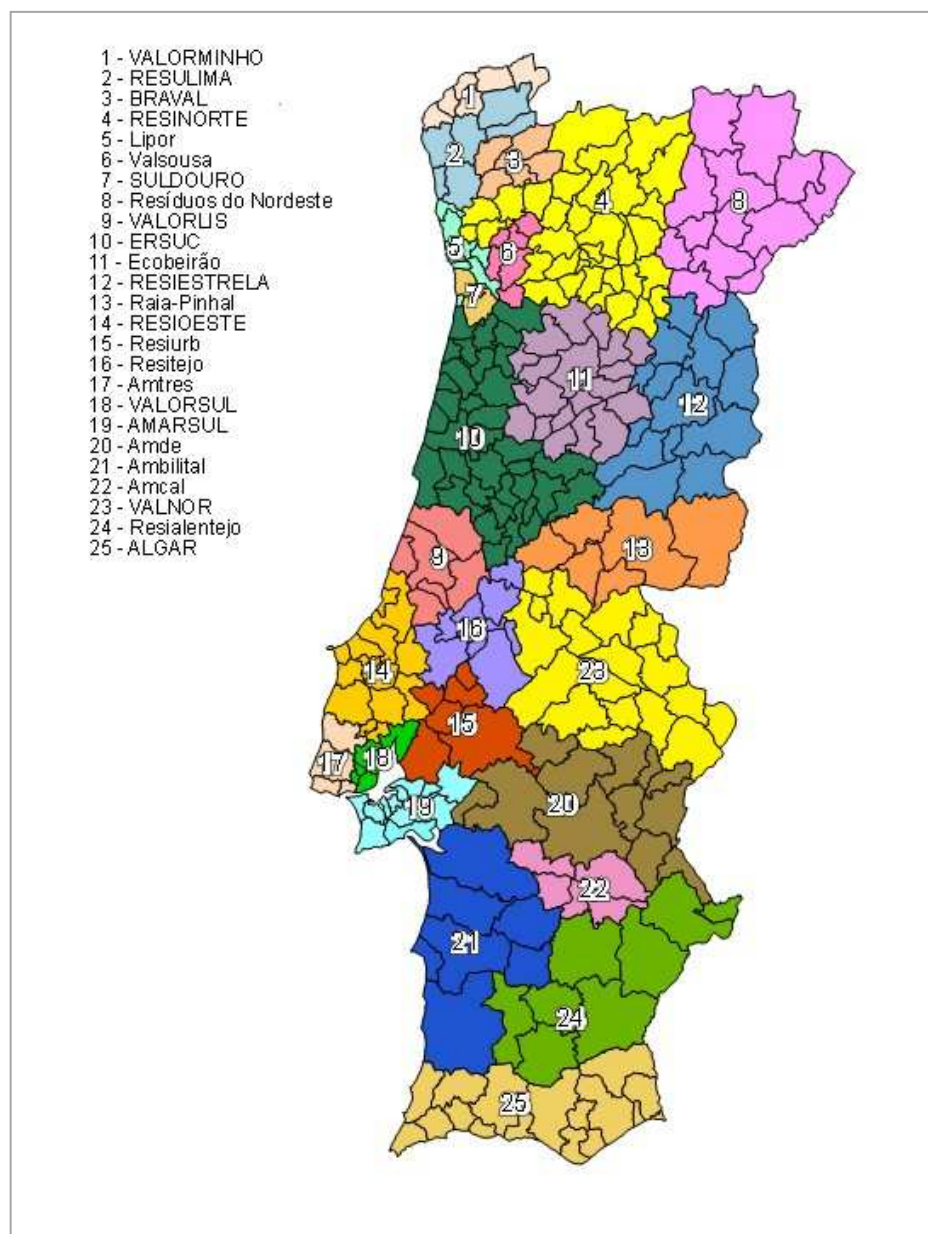
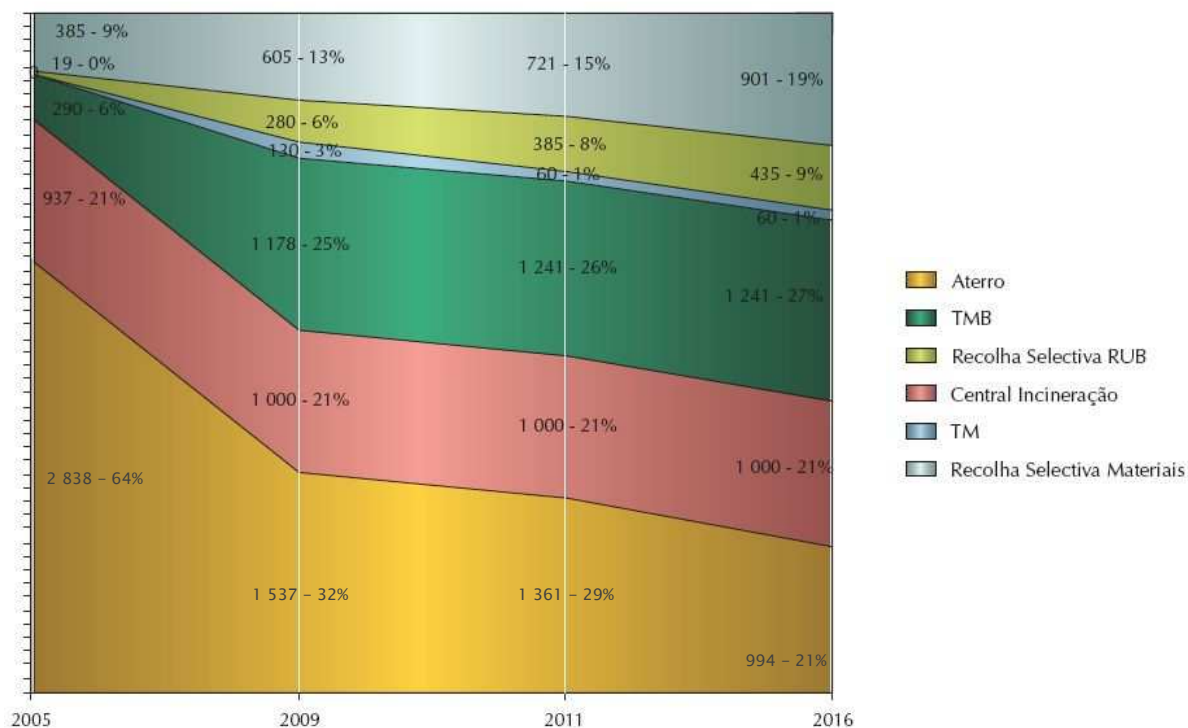


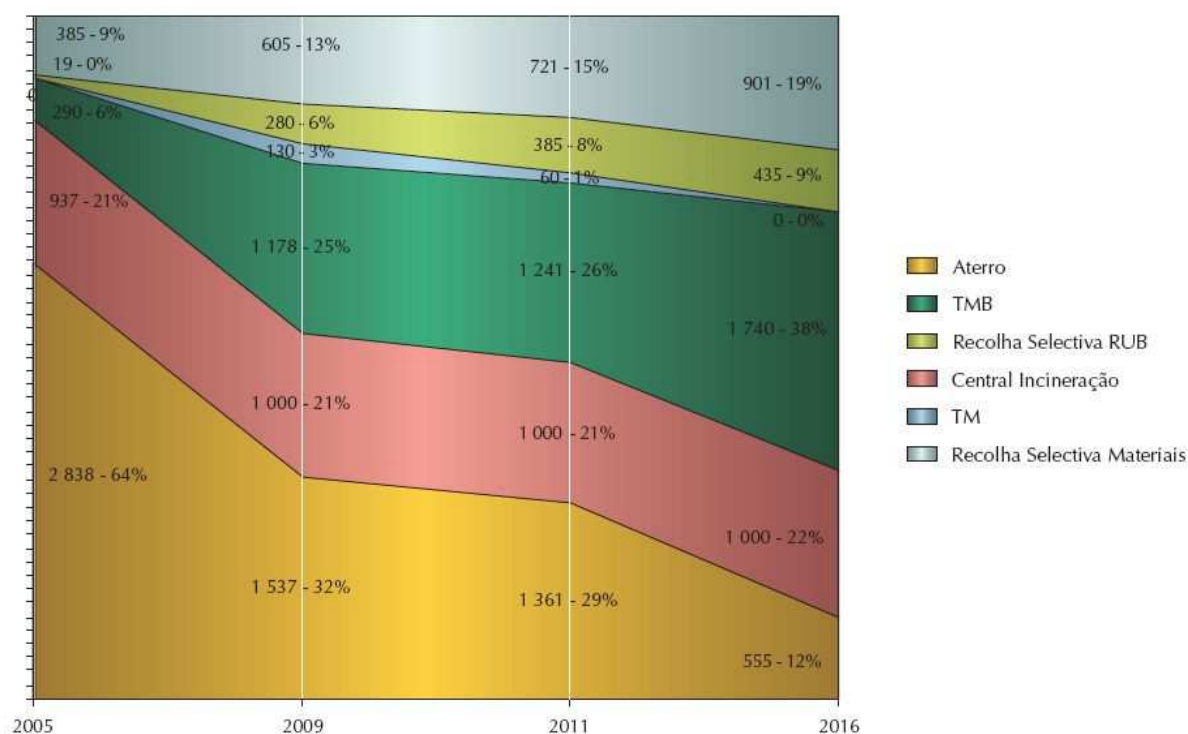
Figura 2.5. Sistemas constituídos para a gestão de RU no Continente, em 2009.

(Fonte: APA)

A Figura 2.6 reflecte os objectivos e metas de gestão de resíduos previstos no PERSU II, nos Cenários Moderado e Optimista, até 2016. Destaca-se a redução da deposição em aterro e o aumento da recolha selectiva multimaterial e de RUB, bem como da capacidade de TMB, a manutenção das metas de incineração e o encaminhamento para TM de uma fracção marginal de resíduos.



a) Cenário Moderado



b) Cenário Optimista

Figura 2.6. Objectivos e metas de gestão de resíduos previstos no PERSU II.

Indicam-se, na Tabela 2.4, as 26 unidades de valorização orgânica existentes e previstas no PERSU II, bem como os correspondentes Sistemas/Agrupamentos de Sistemas e informação relativa à tipologia de recolha, processo e capacidade de tratamento, no horizonte do Plano.

Tabela 2.4. Infra-estruturas de valorização orgânica existentes e previstas no PERSU II (2016).

Sistema/Agrupamento de Sistemas	Tipo de recolha	Processo	Capacidade (kt RUB/ano)	
			Cenário Moderado	Cenário Optimista
VALORMINHO, RESULIMA, BRAVAL	RI	TMB - DA	40	40
RESINORTE	RI	TMB - C	53	53
	RI	TMB - C	20	20
Resíduos do Nordeste	RI	TMB - DA	10	10
Valsousa	RS	DA	30	30
Lipor	RS	C	60	60
SULDOURO	RI	TMB - DA	20	20
ERSUC (2 unidades)	RI	TMB - DA	126	126
Ecobeirão	RI	TMB - DA	35	35
RESIESTRELA, Raia-Pinhal, VALNOR	RI	TMB - C	20	20
	RI	TMB - C	20	20
VALORLIS, RESIOESTE	RI	TMB - DA	20	30
Resitejo, Ecolezíria	RS	DA	30	30
Tratolixo	RI	TMB - C	60	60
	RI	TMB - DA	125	125
VALORSUL	RS	DA	60	60
AMARSUL	RI	TMB - C	20	20
	RI	TMB - DA	40	60
Gesamb, Amalga, Amagra, Amcal	RS	C	30	30
ALGAR	RS	CV	5	5
	RS	CV	5	5
	RS	CV	10	10
	RI	TMB - DA	20	30
SIGRA			58	58
RA Madeira	RS	C	23	23
TOTAL			940	980

C – Compostagem; CV – Compostagem Verdes; DA – Digestão Anaeróbia
RS – Recolha Selectiva; RI – Recolha Indiferenciada

A Tabela 2.5 indica os quantitativos de RUB por tipo de recolha e de tratamento, com base nos valores apresentados na Tabela 2.4. Relativamente ao TMB, os processos de compostagem e digestão anaeróbia representam, respectivamente, cerca de 30 e 70%.

Tabela 2.5. RUB destinados a valorização orgânica e provenientes de recolha selectiva e indiferenciada, no horizonte do PERSU II.

	Capacidade (kt RUB/ano)	
	Cenário Moderado	Cenário Optimista
Total RS	282	282
Compostagem	133	133
Digestão anaeróbia	120	120
Não especificado (SIGRA)	58	58
Total RI	658	698
TMB (Compostagem)	193	193
TMB (Digestão anaeróbia)	436	476
Total Valorização Orgânica	940	980

A Tabela 2.6 apresenta a produção de composto a partir de recolha selectiva de RUB e de recolha indiferenciada, discriminando igualmente, quando aplicável, as metas do PERSU II e os valores reais obtidos.

Tabela 2.6. Produção de composto.

Unidade: t	Composto RS		Composto RI	
	Meta PERSU II	Real	Meta PERSU II	Real
2007	26.600	9.466	30.580	42.490
2008	26.600	11.072	39.574	30.921
2009	56.000	n. d.	94.240	n. d.
2011	77.000	n. a.	99.280	n. a.
2016	87.000	n. a.	99.280	n. a.

n. d. – não disponível; n.a. – não aplicável

(Fonte: ERSAR/APA, 2010)

Encontra-se em preparação legislação que abrange especificações técnicas sobre a qualidade e utilizações do composto, bem como uma estratégia relativa ao composto (ERSAR/APA, 2010).

Ao nível de infra-estruturas de tratamento, verificam-se atrasos na construção de novas unidades. Esta situação conduziu à necessidade, já referida, de recalendarização das metas de desvio de RUB de aterro relativas a 2009 e 2016, respectivamente, para 2013 e 2020, fazendo assim Portugal uso da possibilidade de derrogação prevista na Directiva (IRAR/APA, 2008; ERSAR/APA, 2010).

Em 2008, não se encontravam ainda em funcionamento unidades de produção de CDR através do fluxo de RU (ERSAR/APA, 2010). Estão em curso projectos de produção, utilização e comercialização de CDR, promovidos, designadamente, pela TRATOLIXO e pela VALNOR (Portal Ambienteonline, 2010; O Jornal Económico, 2010).

A Estratégia para os CDR estima o potencial para produção de CDR a partir de rejeitados e refugos de unidades de triagem, de TM e TMB de RU em cerca de 950 mil a 1,2 milhões de toneladas. Esta projecção refere-se a 2013, ano em que se perspectiva o funcionamento em pleno das unidades de TM e TMB. O potencial para produção de CDR foi estimado tendo como base os pressupostos indicados na Tabela 2.7. A Tabela 2.8 discrimina os quantitativos apurados, por proveniência, nos cenários estudados na referida Estratégia.

Tabela 2.7. Pressupostos considerados para estimativa da produção de CDR.

Fluxo a encaminhar para produção de CDR, por proveniência (%) (*)	Cenário		
	A	B	C
TMB	55	45	40
TM	95	95	95
RSM	18	18	18

(*) Relativamente ao quantitativo total recebido para processamento.
Fonte: Despacho 21295/2009

Tabela 2.8. Estimativa do potencial para produção de CDR, por proveniência, em 2013.

Potencial de produção de CDR, por proveniência (kt)	Cenário		
	A	B	C
TMB	940	769	683
TM	162	162	162
RSM	105	105	105
Total	1.206	1.035	950

Fonte: Despacho 21295/2009

São apontados como principais utilizadores de CDR os sectores de gestão de resíduos, industrial (cimento, cerâmica e papel) e de produção de energia.

2.4.DEFINIÇÃO E UTILIZAÇÃO DE INDICADORES

2.4.1. Aspectos gerais

De um modo geral, a informação é essencial para a definição, acompanhamento e avaliação/re-avaliação de políticas, de que não é excepção o caso de matérias de carácter ambiental. O percurso que conduz à obtenção da informação, esquematicamente representado na Figura 2.7, inicia-se pela recolha de dados, que constituem os elementos de base e que usualmente não são, *per si*, suficientes para interpretar mudanças no estado do ambiente, da economia ou da sociedade. Os dados permitem o cálculo de indicadores, que representam uma ferramenta de análise. Da interpretação dos resultados veiculados através de indicadores resulta a informação, que serve de suporte à tomada de decisões.



Figura 2.7. O percurso dos dados à informação.

(adaptado de Segnestam, L., 2002)

A evolução, em termos de agregação de dados, que conduz à obtenção da informação pode ainda representar-se sob a forma indicada na Figura 2.8; assim, é possível a organização de um vasto conjunto de dados de base num número relativamente mais limitado de indicadores que transmitem, de um modo sintético, a informação associada. Verifica-se ainda, na prática, que diversos indicadores são construídos a partir de elementos de base comuns, invertendo assim o esquema apresentado.

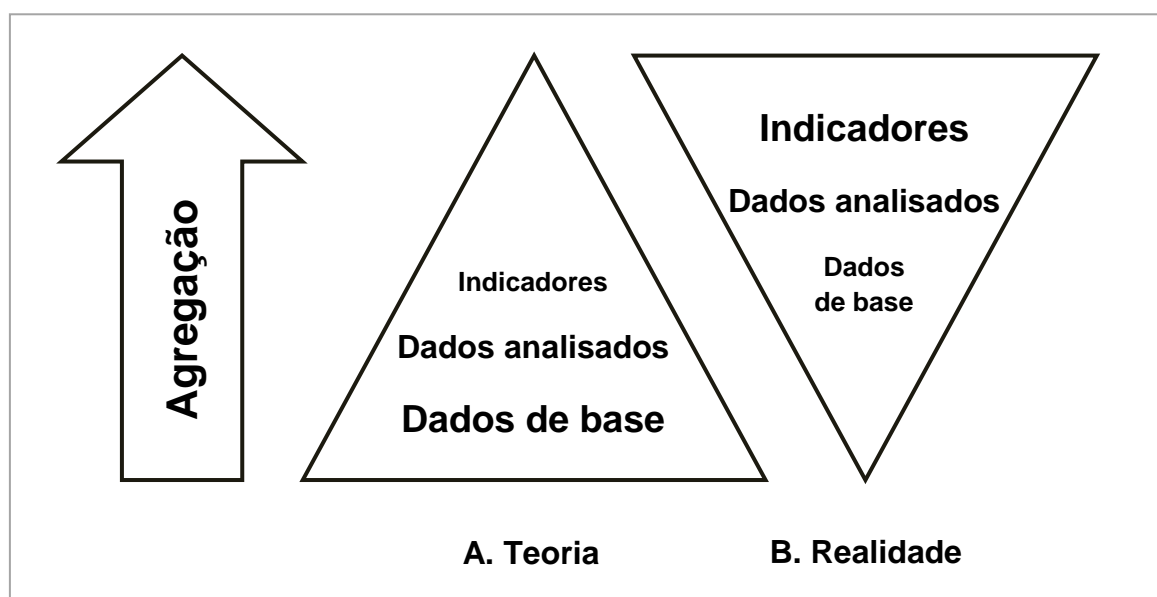


Figura 2.8. A pirâmide da informação.

(adaptado de Segnestam, L., 2002)

A definição de indicador encontrada na literatura refere tratar-se de uma medida, em geral quantitativa, que pode ser usada para, de um modo simples, ilustrar e comunicar fenómenos complexos, incluindo tendências e evolução no tempo; em termos geográficos, pode ser utilizado num intervalo alargado de escalas, desde o nível local ao regional ou nacional (EEA, 2003; EEA, 2005; Portal da US EPA, 2010). Assim, os indicadores possuem um significado sintético e são desenvolvidos para um fim específico, tendo como função reduzir o número de parâmetros que seriam necessários para descrever determinada situação e simplificar a comunicação de

informação ao utilizador, pelo que o seu significado se estende para além do directamente associado a um parâmetro ou valor (OCDE, 2002b; Ramos, T. B. *et al.*, 2004).

Os indicadores apoiam o desenvolvimento de políticas e o estabelecimento de prioridades, monitorizam os efeitos das políticas e contribuem para a sensibilização da população; servem igualmente para medir o desempenho ambiental e identificar aspectos a melhorar (Segnestam, L., 2002; van Gerven *et al.*, 2007).

2.4.2. Critérios para a selecção e avaliação de indicadores

A OCDE definiu critérios para a selecção de indicadores, que se apresentam na Tabela 2.9; admite-se, no entanto, que se trata de critérios para a definição do indicador ideal, não sendo, na prática, exequível o cumprimento de todos os requisitos indicados (OCDE, 2002a).

Tabela 2.9. Critérios desenvolvidos pela OCDE para a selecção de indicadores

Relevância para as políticas e utilidade para o utilizador	<ul style="list-style-type: none">• Fornecer um quadro representativo das condições ambientais, pressões sobre o ambiente ou respostas da sociedade• Ser simples e fácil de interpretar e permitir evidenciar tendências de evolução• Ser sensível a mudanças no ambiente e nas actividades humanas relacionadas• Fornecer uma base para comparação a nível internacional• Ser aplicável a nível nacional ou a matérias ambientais a nível regional com significado a nível nacional• Ter um valor limite ou de referência para comparação, de modo que o utilizador possa avaliar do significado de valores a ele associados
Fundamentação analítica	<ul style="list-style-type: none">• Ser teoricamente bem fundamentado, em termos técnicos e científicos• Ser baseado em normas internacionais e em consenso, a nível internacional, quanto à sua validade• Permitir a ligação a modelos económicos e a sistemas de previsão e informação
Mensurabilidade (dados necessários)	<ul style="list-style-type: none">• Facilmente disponíveis ou disponíveis a um custo/benefício aceitável• Adequadamente documentados e de qualidade conhecida• Regularmente actualizados, de acordo com procedimentos fiáveis

(adaptado de OCDE, 2002a)

A AEA estabelece ainda os seguintes critérios de selecção e avaliação da qualidade de indicadores:

- Relevância para as políticas: o indicador ilustra a situação apreendida enquanto aspecto ambiental;
- Alcance de metas: o indicador permite avaliar o progresso e cumprimento relativamente a metas estabelecidas;
- Metodologia: o indicador pode ser cientificamente quantificado, com base num método devidamente fundamentado;
- Disponibilidade: encontra-se disponível e é sistematicamente recolhida informação que permita utilizar o indicador;
- Cobertura espacial: o indicador é aplicável à totalidade de um país ou região;
- Cobertura temporal: o indicador ilustra dados contínuos ou discretos obtidos com frequência regular

(EEA, 2005; van Gerven et al., 2007). Estes aspectos encontram-se ilustrados na Tabela 2.10.

O USAID considera as seguintes características para a escolha de indicadores: ser directo, objectivo, adequado, quantificável, desagregado, prático e fiável (USAID, 1996; Suttibak, S. e Nitivattananon, V., 2008).

Tabela 2.10. Critérios da AEA para a avaliação da qualidade dos indicadores.

Critério	0	1	2	3	4
Relevância para as políticas	Não constitui matéria de relevância política para a UE nem prioritária para a AEA				É matéria de relevância política para a UE e prioritária para a AEA
Monitorização do progresso relativamente a metas quantificadas	Não existem metas	Existem metas, embora as mesmas não sejam completamente reflectidas pelo indicador	Existem metas qualitativas genéricas	Existem metas qualitativas específicas ou metas quantificadas, embora não associadas a um horizonte temporal	Existem metas quantitativas associadas a horizonte temporal
Fundamentação conceptual e metodológica do indicador	Não existe descrição da metodologia	A metodologia carece de melhoramentos significativos	A metodologia carece de alguns melhoramentos		A metodologia encontra-se bem fundamentada com referências
Disponibilidade de dados/dados periodicamente recolhidos	Os dados não se encontram facilmente disponíveis	Estão disponíveis alguns dados, embora não existam procedimentos para a sua recolha	Os dados disponíveis resultam de recolha esporádica ou baseiam-se em fontes internacionais		É fluxo de dados prioritário para a AEA ou de recolha estatística pelo EUROSTAT ou por força do cumprimento de directivas da UE
Cobertura espacial		Existem dados de alguns países ou informação global a nível europeu	Encontram-se disponíveis dados para cerca de metade dos países analisados pela AEA	Encontram-se disponíveis dados para 25 países	Encontram-se disponíveis dados para a quase totalidade dos países analisados pela AEA
Cobertura temporal, evolução no tempo e tendências		Apenas disponíveis dados correspondentes a período de 1-3 anos	Disponíveis dados correspondentes a período de 4-9 anos	Disponíveis dados correspondentes a período de mais de 10 anos	Disponíveis dados correspondentes a período de mais de 10 anos para a maioria dos países
Consistência espacial, cobertura temporal e representatividade para os países/comparação entre países	A comparação entre países é relevante, mas não possível no momento	A comparação entre países não é relevante	É possível a comparação a nível regional ou entre um conjunto de países		É possível utilizar o indicador para <i>benchmarking</i> entre países

(0 – menos relevante; 4 – mais relevante)

(adaptado de EEA, 2005)

2.4.3. Definição de indicadores e de modelos de indicadores

Têm sido desenvolvidos e utilizados diversos indicadores para avaliar a gestão de resíduos. Na sua maioria, trata-se de dados de base ou indicadores simples,

relativos à produção de resíduos (expressos em valor absoluto ou *per capita*) e opções de tratamento e destino (em valor absoluto ou em percentagem) (EUROSTAT, 2009b; Fragkou, M. C. *et al.*, 2010). Silva, M. C. C. A. (2005) apresenta um levantamento de indicadores ambientais e de resíduos. Encontra-se igualmente disponível uma compilação de indicadores utilizados no contexto do desenvolvimento sustentável (APA, 2007b).

Diversos organismos, a nível internacional, desenvolveram modelos conceptuais de sistemas de indicadores, de que se destacam os seguintes (OCDE, 1993; Segnestam, L., 2002; OCDE, 2003; Ramos, T. B. *et al.*, 2004; van Gerven *et al.*, 2007; APA, 2007b):

- **Pressão – Estado – Resposta (PSR: *Pressure – State – Response*)**, desenvolvido pela OCDE no início dos anos 90.

Os indicadores de “pressão” representam as actividades humanas ou outros aspectos que exercem pressão sobre o ambiente e que constituem a causa subjacente a um determinado problema. As referidas pressões podem ser indirectas e relativas às actividades humanas em si (*e.g.*, crescimento da população, uso da energia) ou directas (*e. g.*, descarga de poluentes ou de resíduos).

Os indicadores de “estado” descrevem características ambientais físicas e mensuráveis, que resultam da pressão exercida (*e.g.*, indicadores que medem a qualidade da água ou a desflorestação).

Os indicadores de “resposta” medem o modo com que a sociedade responde às alterações verificadas a nível ambiental e reflectem as políticas, acções ou investimentos introduzidos para a resolução de determinado problema; as respostas aos problemas ambientais podem afectar o estado do ambiente de

modo directo ou, quando dirigidas às pressões exercidas, de modo indirecto (e.g., modelo tarifário da água, programas de reflorestação).

A Figura 2.9 ilustra este sistema, cujo enquadramento se baseia no conceito de causalidade, *i.e.*, as actividades humanas exercem pressões sobre o ambiente, as quais conduzem a alterações da sua qualidade ou ao nível da quantidade de recursos disponíveis, respondendo a sociedade com políticas ambientais e económicas para alterar o comportamento humano, com reflexos no estado do ambiente.

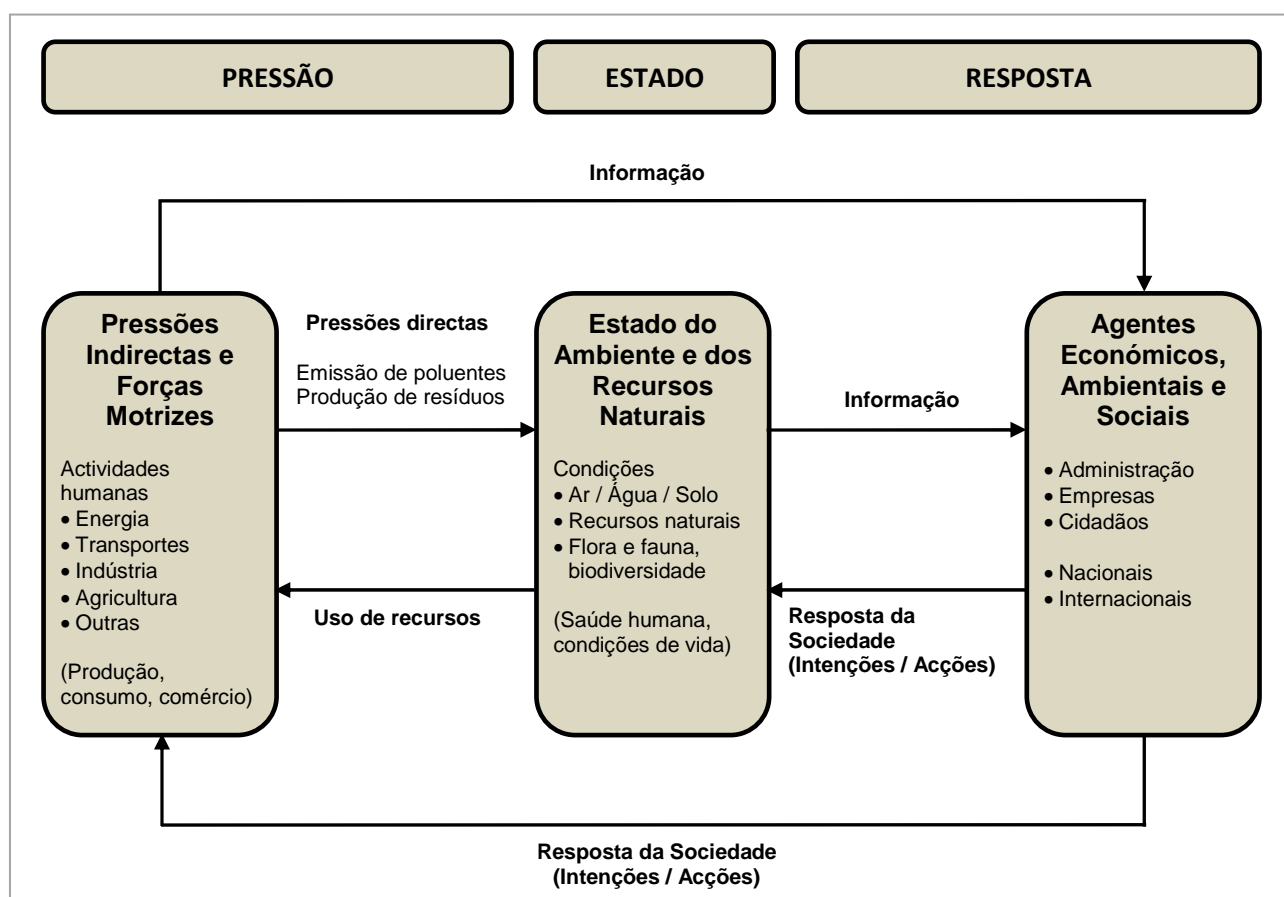


Figura 2.9. Sistema de indicadores baseado no modelo PSR.

(adaptado de OCDE, 1993; OCDE, 2003; Silva, M. C. C. A., 2005)

Este modelo apresenta a vantagem de relacionar os três ângulos referidos.

Como limitações, aponta-se o facto de tender a sugerir uma relação linear

“actividade humana – interacção ambiental”, podendo as relações nos ecossistemas e as interacções “ambiente – economia” ser mais complexas; por outro lado, não reflecte o modo como a degradação ambiental afecta o bem-estar humano.

- **Força motriz – Estado – Resposta (DSR: *Driving Force – State – Response*)**, da Comissão para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, que tem como base o modelo PSR e substitui a categoria “pressão” por “força motriz”.

Considera-se, com este modelo, que os indicadores de “pressão” são mais adequados a matérias ambientais, enquanto os de “força motriz” podem acomodar aspectos sociais, económicos e institucionais. A nova designação apresenta ainda uma conotação mais positiva, podendo assim ser associada a impactes positivos ou negativos ao nível do desenvolvimento sustentável.

- **Força motriz – Pressão – Estado – Impacte – Resposta (DPSIR: *Driving Force – Pressure – State – Impact – Response*)**

Este modelo inclui a categoria de indicadores de “impacte”, que pretendem reflectir as alterações no “estado” do ambiente e os impactes que as “pressões” podem exercer. Integra ainda as categorias “força motriz” e “pressão” de modo a considerar quer as forças impulsionadoras do desenvolvimento económico e social, quer as pressões directas tais como a emissão de poluentes. Assim, a “força motriz” conduz a actividades que exercem “pressão” sobre o ambiente. Este sistema é ilustrado na Figura 2.10.

O modelo DPSIR é adoptado pela maioria dos Estados-Membros da UE e por organizações internacionais ligadas à gestão de informação sobre ambiente,

tais como o EUROSTAT e a AEA como o mais apropriado para estruturar a informação ambiental. Em geral, o EUROSTAT focaliza a sua atenção em indicadores de resposta, força motriz e pressão e a AEA em indicadores de estado e impacte (EUROSTAT, 1999). Em Portugal, o Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (SIDS – Portugal) considera indicadores estruturados de acordo com este modelo e que reflectem temas que apresentam relevância política, designadamente os que decorrem de planos e estratégias; no domínio dos resíduos, o SIDS - Portugal utiliza os indicadores “*Gestão de Resíduos*”, “*Produção de Resíduos*” e “*Reciclagem e Valorização de Resíduos Urbanos*” (APA, 2007b; APA, 2009b; Ramos, T. B., 2009).

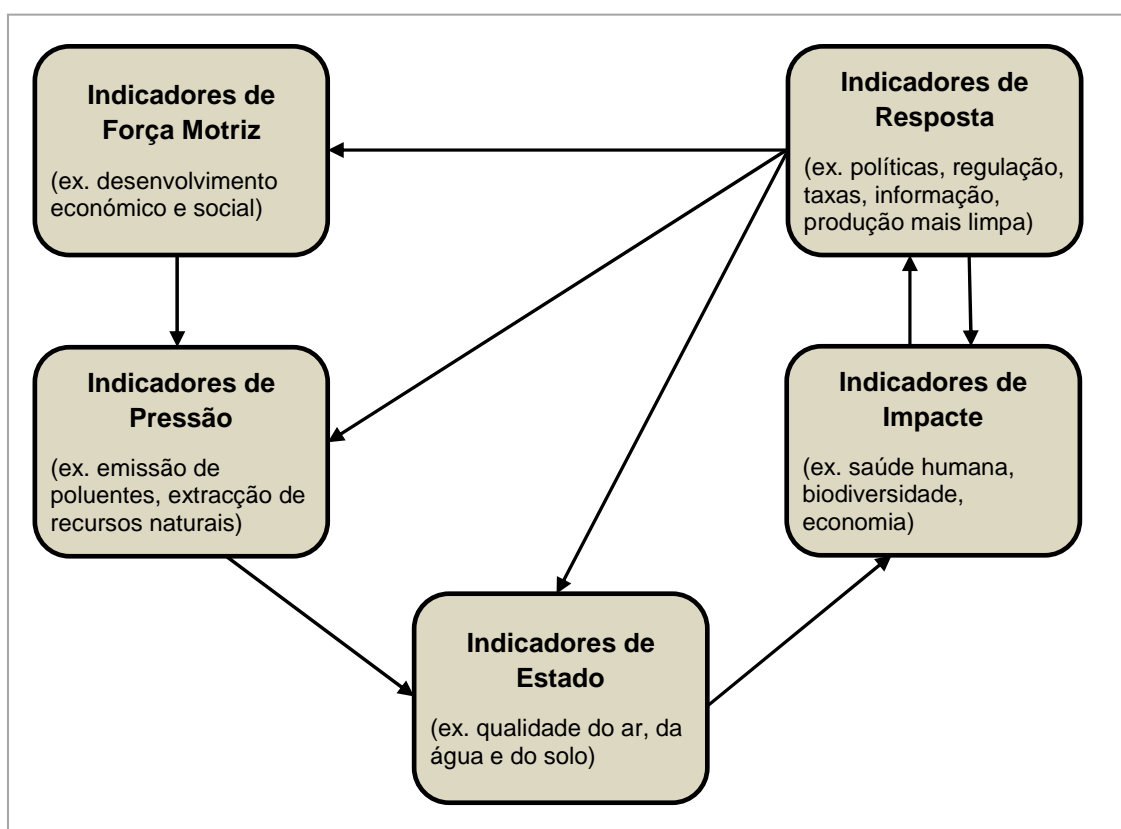


Figura 2.10. Sistema de indicadores baseado no modelo DPSIR.

(adaptado de EUROSTAT, 1999; Segnestam, L., 2002)

Os modelos DSR e DPSIR, bem como uma diversidade de outros modelos conceptuais de indicadores encontrados na literatura, podem ainda considerar-se como adaptações ao modelo PSR inicialmente proposto pela OCDE (OCDE, 2003; Ramos, T. B. *et al.*, 2004).

2.4.4. Indicadores de dissociação

A dissociação (“*decoupling*” ou “*delinking*”) do desempenho ambiental e eficiência de utilização de recursos relativamente à actividade económica constitui uma temática relevante ao nível da política de ambiente (COM, 2003b,c; Tachibana, J. *et al.*, 2008; Mazzanti, M. e Zoboli, R., 2008, 2009).

Esta terminologia refere-se ao desacoplamento entre os aspectos ambientalmente negativos (pressões ambientais) e os economicamente positivos (crescimento económico) com que apresentem uma relação causal, num determinado período, descrevendo assim a relação entre os primeiros dois componentes do modelo DPSIR.

A dissociação pode ser absoluta, quando a variável ambiental é estável ou decresce (sendo a correspondente pressão ambiental estável ou decrescente), enquanto a variável económica aumenta, ou relativa, quando o crescimento da variável ambiental é positivo, mas inferior ao da variável económica.

Na Figura 2.11 mostram-se, graficamente, os conceitos de dissociação absoluta e relativa.

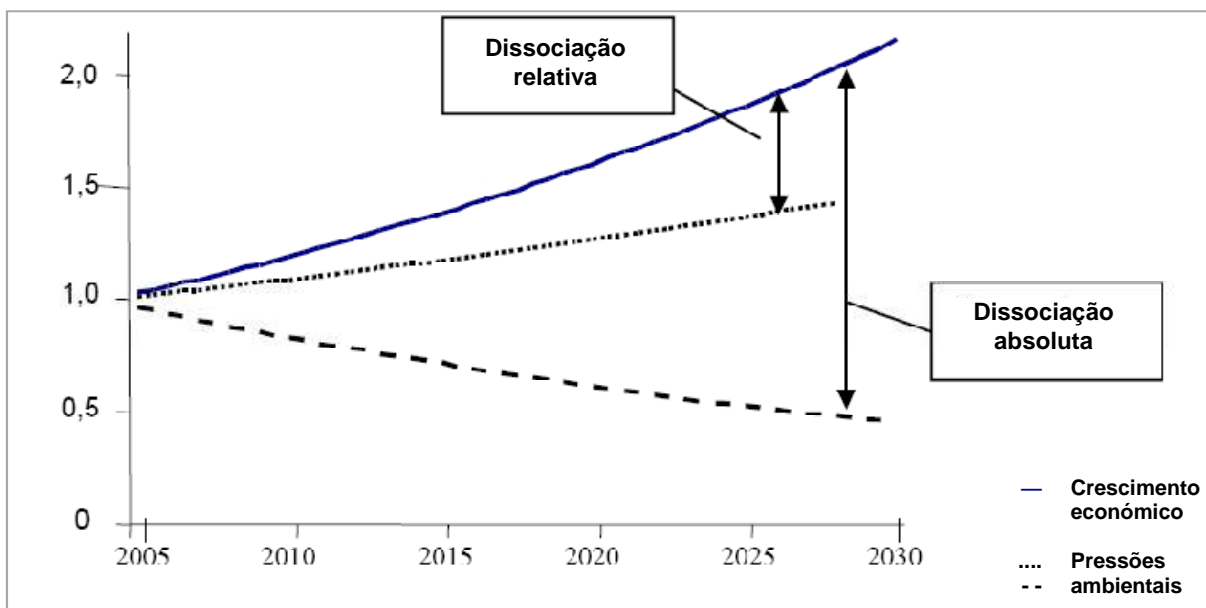


Figura 2.11. Dissociação absoluta e relativa entre as pressões ambientais e o crescimento económico.

(Adaptado de COM, 2003b)

Foram desenvolvidos, pela OCDE, indicadores de dissociação, considerados como ferramenta para aferir o alinhamento de políticas com o desenvolvimento sustentável. De um modo geral, a construção de indicadores de dissociação resulta do rácio entre uma variável de pressão ambiental e uma variável económica, alternativamente substituída pelo crescimento da população. Este tipo de indicadores é importante enquanto instrumento para acompanhar a evolução de determinada situação, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável (OCDE, 2002a; OCDE, 2008b).

Os indicadores de dissociação medem variações no tempo e permitem analisar temas complexos; permitem igualmente salientar a contribuição de aspectos tecnológicos e factores estruturais relativamente às pressões ambientais, comparando tendências e variações relativamente a metas estabelecidas.

Acresce que os indicadores baseados em variáveis de pressão apresentam a vantagem de registar alterações em períodos relativamente curtos, o que poderá não acontecer, designadamente, com indicadores de estado do ambiente.

Como limitações relativamente a este tipo de indicadores, reconhece-se que não reflectem a capacidade do meio ambiente para sustentar, absorver ou resistir às pressões ambientais exercidas. Por outro lado, existem numerosas variáveis ambientais que não são externalizadas de um modo linear e cuja relação com as variáveis de força motriz pode ser complexa e multi-facetada, pelo que a utilização deste tipo de indicadores deve ser encarada com algumas reservas relativamente à interpretação dos resultados que produzem (por exemplo, o facto de o indicador apontar a ocorrência de dissociação relativa constitui, à partida, um sinal positivo; no entanto, o inerente aumento em termos de pressão ambiental poderá conduzir determinado sistema a uma situação de desequilíbrio). No cálculo do indicador podem igualmente verificar-se limitações associadas à transacção de bens, a nível internacional, e à quantificação da transferência de poluentes inerente ao correspondente ciclo de vida. É igualmente importante considerar os valores absolutos das variáveis relativas a pressão ambiental e força motriz, e, quando se utilizam indicadores deste tipo para comparar países, haverá que ter em conta as circunstâncias locais.

Em suma, a utilização deste tipo de indicadores constitui um instrumento de apoio às políticas de ambiente, sem ignorar os méritos e limitações que lhes estão associados (OCDE, 2002a; OCDE, 2005).

A Agência Flamenga para os Resíduos define “indicador de dissociação”, ID, através da expressão (OVAM, 2004):

$$ID_{ano\ n} = 1 - \frac{\frac{PA_{ano\ n}}{PA_{ano\ 0}}}{\frac{FM_{ano\ n}}{FM_{ano\ 0}}} \quad \text{que equivale a:} \quad ID = 1 - \frac{\left(\frac{PA}{FM}\right)_{ano\ n}}{\left(\frac{PA}{FM}\right)_{ano\ 0}}$$

em que PA representa a pressão ambiental e FM a força motriz. Ocorre dissociação quando $0 < ID \leq 1$.

Esta formulação pode ser aplicada a diversas áreas, encontrando-se a investigação em torno da dissociação e do estudo de curvas de Kuznets mais desenvolvida relativamente às questões da poluição atmosférica e emissões de gases de efeito de estufa, comparativamente com as temáticas de uso de materiais e gestão de resíduos (Mazzanti, M. *et al.*, 2009). A título de exemplo, refira-se que o SIDS Portugal analisa a dissociação entre indicadores de pressão relativos a poluição atmosférica e o PIB e/ou o consumo de energia primária; no âmbito da temática dos resíduos, são definidos indicadores de pressão e resposta, não sendo abordada a perspectiva de dissociação (APA, 2007b). Por outro lado, o Relatório do Estado do Ambiente relativo a 2008, embora não explicita a utilização de indicadores de dissociação, refere que em Portugal, entre 1995 e 2008, a produção de resíduos urbanos acompanhou o crescimento do PIB, concluindo que a produção de RU tem aumentado com o crescimento económico nacional e que não se denota uma dissociação entre os dois indicadores (APA, 2009c).

Em termos de gestão de resíduos, tem sido considerada como PA a produção e eliminação de resíduos ou os materiais não recolhidos para reciclagem e como FM o consumo privado total (OCDE, 2002a; OCDE, 2005); é igualmente referido o PIB como força motriz relevante neste contexto (Hanlon, D, 2001; OVAM, 2004). Trata-se assim de uma expressão que relaciona uma pressão ambiental com a actividade económica total.

É ainda de notar que, utilizando a expressão atrás indicada, são apresentados pela OCDE para Portugal os seguintes resultados (OCDE, 2002a):

- (-)0,51, para o ano de 1999, com referência a 1995, considerando como pressão ambiental a eliminação de RU e como força motriz o consumo final privado; conclui-se que não ocorreu dissociação;

- (-)0,10, para 1998, com referência a 1990, relativamente às variáveis produção de RU e consumo final privado; visto que se trata igualmente de um valor negativo, infere-se que não ocorreu dissociação.

3. METODOLOGIA

3.1.DESCRICÃO GERAL

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho envolve os seguintes passos:

- Revisão bibliográfica, com destaque para as temáticas relativas a indicadores de dissociação e ao tratamento mecânico e biológico (TMB);
- Formulação de um indicador de dissociação e análise das correspondentes variáveis;
- Definição do sistema a estudar e de um modelo para realização de balanços de massa a sistemas de TMB, integrando os pressupostos considerados necessários e tendo também em conta a pesquisa bibliográfica efectuada;
- Definição de cenários para teste do modelo desenvolvido e cálculo do indicador, analisando opções alternativas em termos de definição de variáveis a utilizar;
- Desenvolvimento de um caso de estudo tendo como base a aplicação do modelo e dos cenários anteriormente estudados ao PERSU II;
- Comparação dos resultados obtidos para o indicador atendendo à formulação da OCDE e à que é proposta neste trabalho.

3.2.PROPOSTA DE INDICADOR DE DISSOCIAÇÃO

3.2.1. Variável para quantificação da pressão ambiental

De acordo com a bibliografia consultada, os indicadores de dissociação existentes na área de gestão de resíduos consideram, como pressão ambiental, a produção ou a eliminação de resíduos e, como força motriz, preferencialmente, o consumo privado total, podendo também ser utilizado o PIB.

No entanto, deverá ter-se em conta o facto de o quantitativo de resíduos eliminados poder não reflectir, *per si*, a correspondente pressão ambiental em termos de hierarquia de resíduos. A título de exemplo, refira-se que a diminuição do quantitativo de resíduos eliminados, apontando para uma redução da pressão ambiental associada, poderá não conduzir necessariamente a uma situação mais favorável em termos de hierarquia de resíduos se, cumulativamente, se registar uma diminuição da produção de resíduos que implique o aumento da percentagem correspondente aos resíduos eliminados.

Propõe-se assim, no presente trabalho, considerar, enquanto pressão ambiental, a proporção que os resíduos eliminados representam relativamente aos produzidos, *i.e.*, “resíduos eliminados/resíduos produzidos”.

Análise da variável “resíduos eliminados”

A variável “Resíduos Eliminados” pode incluir resíduos “primários” e “secundários”, *i.e.*, respectivamente, os provenientes dos produtores (eliminados tal qual) e os que resultam de processos de tratamento de resíduos urbanos, em que se incluem as operações de triagem/TM, valorização orgânica, TMB e valorização energética.

Atendendo aos fluxos de resíduos previstos no PERSU II e em particular aos que resultam do processo de TMB, analisam-se as seguintes opções relativamente à referida variável:

- Resíduos Eliminados (e) = aterro directo + refugos (de unidades de triagem/TM, TMB e valorização orgânica)
- Resíduos Eliminados (E) = e + cinzas e escórias (de valorização energética de RU indiferenciados e CDR)
- Resíduos Eliminados (E') = E + composto de baixa qualidade (ou “estabilizado”).

Análise da variável “resíduos produzidos”

Para a variável “Resíduos Produzidos” estuda-se o efeito de:

- Resíduos produzidos (P) = resíduos urbanos produzidos
- Resíduos produzidos (P') = resíduos urbanos produzidos – resíduos orgânicos putrescíveis provenientes de recolha selectiva

Esta opção enquadra-se na possibilidade de adaptação das unidades de TMB para tratamento de resíduos orgânicos putrescíveis provenientes de recolha selectiva. Considera-se ainda que, no limite, e até determinado quantitativo, pode conceptualmente fazer-se corresponder esta fracção a um quantitativo de resíduos destinado a compostagem doméstica/comunitária, concretizando assim uma medida de prevenção de resíduos.

Neste enquadramento, a “produção” de resíduos decresce, bem como o quantitativo inicialmente destinado a TMB e a produção de refugos que estaria associada ao tratamento da fracção desviada; esta abordagem conduz a uma menor necessidade em termos de capacidade instalada de TMB, com a inerente redução de custos de investimento, ou à possibilidade de redução da fracção resto ainda depositada directamente em aterro. Em qualquer das situações, ocorre o efeito de redução dos resíduos produzidos e dos eliminados.

3.2.2. Variável para quantificação da força motriz

Como variável de força motriz, considera-se o PIB, visto que se trata de um indicador macroeconómico de carácter geral. Conforme anteriormente referido, é usual relacionar-se o quantitativo de resíduos produzidos e, indirectamente, de resíduos eliminados, com o consumo privado das famílias; embora esta variável se afigure, à partida, mais aferida para análises que abranjam o universo dos resíduos

domésticos/urbanos, pode igualmente considerar-se o PIB como força motriz neste enquadramento. Assim, dá-se preferência a esta variável, uma vez que pode ser utilizada com qualquer tipo de resíduos, em que se incluem, por exemplo, os resíduos industriais, e que, por outro lado, pode também ser associada à noção de nível de vida e bem-estar e a uma potencial disponibilidade da economia, da sociedade e da agenda política para investimentos em sistemas que promovam a protecção do ambiente e a hierarquia de resíduos (Canas, A. *et al.*, 2003; Dinda, S., 2004; OVAM, 2004; van der Voet *et al.*, 2005; APA, 2007b).

3.2.3. Expressão do indicador proposto

O indicador proposto para análise apresenta assim a expressão:

$$ID = 1 - \frac{\left(\frac{e}{P}\right)_{\text{ano } n}}{\left(\frac{e}{P}\right)_{\text{ano } 0}}$$

que equivale a

$$ID = 1 - \frac{\frac{e_n}{P_n}}{\frac{e_0}{P_0}} \cdot \frac{PIB_0}{PIB_n}$$

sendo

e_n – Resíduos eliminados no ano n

e_0 – Resíduos eliminados no ano de referência

P_n – Produção de resíduos no ano n

P_0 – Produção de resíduos no ano de referência

PIB_n – PIB no ano n

PIB_0 – PIB no ano de referência.

O indicador assume o valor máximo de 1, que corresponde a $e_n=0$; ocorre dissociação quando $0 < ID \leq 1$. A expressão apresentada traduz também o comportamento esperado para as diversas variáveis, *i.e.*, ID aumenta quando:

- Diminui o quantitativo de resíduos eliminados face aos produzidos, tratando-se de uma evolução positiva em termos de hierarquia de gestão de resíduos;
- Aumenta o PIB.

3.3.REALIZAÇÃO DE BALANÇOS DE MASSA A UNIDADES DE TMB

Desenvolve-se um modelo de cálculo que assenta em balanços de massa e define, como fronteira do sistema estudado, o processo de TMB de RU.

Os cálculos efectuados consideram os diversos componentes que constituem os resíduos de entrada no processo e a eficiência de separação, de que resulta a recuperação de recicláveis e CDR, bem como a produção de refugo; consideram-se recicláveis os fluxos separados para reciclagem orgânica (com produção de composto) e multimaterial. Esta abordagem tem em conta o trabalho desenvolvido por Consonni, S. *et al.* (2005a) e demais elementos recolhidos na literatura consultada (Juniper, 2005; Velis, C. A. *et al.*, 2009).

Assume-se como base de cálculo a gestão de 1.000 kt RU/ano, que corresponde à soma da capacidade instalada de TMB com o quantitativo de resíduos orgânicos putrescíveis que venha a ser recolhido selectivamente.

Adopta-se ainda o intervalo de tempo compreendido entre 2009 e 2016 e desenvolvem-se cenários com vista a estudar o efeito das variáveis consideradas mais significativas, *i.e.*, composição física dos resíduos produzidos, taxa de recolha selectiva de resíduos orgânicos putrescíveis e taxas relativas às saídas do processo (recicláveis, composto, CDR e refugos). A Tabela 3.1 sistematiza os cenários

estudados, através dos quais se analisa o impacte das variáveis entre cenários e ao longo do tempo, no mesmo cenário.

Tabela 3.1. Cenários analisados e variáveis consideradas.

Cenário	Caracterização física de resíduos produzidos	Recolha selectiva de bio-resíduos	Recolha indiferenciada (saídas do processo TMB)		
			Taxa de recuperação de recicláveis	Taxa de produção de CDR	Taxa de produção de refugos
1	Constante	Não	Constante Baixa eficiência	Constante	Constante
2	Constante	Não	Constante Alta eficiência	Constante	Constante
3	Constante	Não	Variável, aumentando progressivamente	Variável	Variável, aumentando progressivamente
4	Constante	Sim	Variável, aumentando progressivamente	Variável	Variável, aumentando progressivamente
5	Variável	Sim	Variável, aumentando progressivamente	Variável	Variável, aumentando progressivamente

Nos Cenários 1 e 2 todos os parâmetros de processo são constantes ao longo do tempo, diferindo na “intensidade” do tratamento, que é superior no Cenário 2, a que corresponde uma maior recuperação de recicláveis, menor produção de CDR e maior produção de refugos.

Nos Cenários 3 a 5 parte-se dos parâmetros de processo do Cenário 1, em termos de recuperação de recicláveis e produção de CDR e refugos, e evolui-se até aos do Cenário 2, no horizonte em estudo. Considera-se ainda que parte dos bio-resíduos é encaminhada para recolha selectiva, nos Cenários 4 e 5, e, no Cenário 5, também a variação da composição dos resíduos produzidos.

3.4.DADOS DE BASE E PRESSUPOSTOS CONSIDERADOS

Assumem-se, para os cálculos, dados e pressupostos gerais de base, comuns aos diversos cenários analisados, bem como pressupostos específicos para cada cenário.

3.4.1. Produto Interno Bruto

Utilizam-se valores de “PIB encadeados em volume” com base no ano 2000, considerando-se assim a designação que, nos documentos do INE, substitui a de “PIB a preços constantes”, de modo a excluir a interferência da inflação. Os dados de 2008 e 2009 são os publicados pelo INE. Considera-se a previsão de evolução do PIB entre 2010 e 2013 que consta do Programa de Estabilidade e Crescimento (MFAP, 2010); entre 2014 e 2016 assume-se um crescimento anual do PIB de 1%. A Tabela 3.2 resume os valores utilizados.

Tabela 3.2. Evolução do PIB.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Variação (%)		-2,7	0,7	0,9	1,3	1,7	1,0	1,0	1,0
PIB (M€)	131 938	128 405	129 304	130 468	132 164	134 410	135 755	137 112	138 483

(Nota: dados encadeados em volume, com base no ano 2000).

3.4.2. Produção de RU

Considera-se a produção real de RU em 2008 (ERSAR/APA, 2010) e, para o período de 2009 a 2016, a evolução da taxa de produção de resíduos que consta do PERSU II. Os valores correspondentes apresentam-se na Tabela 3.3.

Tabela 3.3. Evolução da produção de RU.

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Taxa de crescimento da produção de RU (%)		1,00	0,60	0,20	-0,10	-0,40	-0,60	-0,80	-1,00
Produção de RU (kt)	5 059	5 110	5 140	5 151	5 145	5 125	5 094	5 053	5 003

3.4.3. Caracterização de RU produzidos

Em termos de caracterização de resíduos produzidos, consideram-se dados de composição física e também o PCI. A caracterização física de resíduos utilizada (IST, 2006), corresponde à considerada no PERSU II; o PCI é calculado com base no PCI individual dos diversos componentes dos RU (Tchobanoglous, G. *et al.*, 1993; Consonni, S. *et al.*, 2005a). Relativamente ao vidro e aos metais, não são considerados valores de PCI negativos, que corresponderiam às perdas associadas à evaporação da humidade contida nestes componentes, uma vez que a sua influência nos cálculos é desprezável. A Tabela 3.4 resume os elementos considerados para a caracterização de RU.

Tabela 3.4. Caracterização de RU produzidos.

Componente	%	PCI (MJ/kg)
Orgânicos putrescíveis	40	1,719
Papel/cartão	16	13,220
Vidro	6	0,000
Plástico	12	26,180
Metal	2	0,000
Têxteis	8	18,515
Finos	10	4,395
Outros	6	0,000
Total	100	7,865

Para efeitos deste trabalho, consideram-se equivalentes as designações “resíduos orgânicos putrescíveis” e “bio-resíduos”.

É de notar que o valor de PCI calculado para os RU é coerente com o apresentado, na Estratégia para os CDR, para os RU em Portugal (*i.e.*, 7,82 MJ/kg).

3.4.4. Recolha selectiva e valorização orgânica de bio-resíduos

Os Cenários 4 e 5 consideram a partição de bio-resíduos entre a recolha selectiva (para valorização orgânica) e indiferenciada (para TMB).

Tratando-se de bio-resíduos recolhidos selectivamente, assume-se que a produção de refugos é desprezável e estima-se a produção de composto considerando, relativamente à mineralização da fracção orgânica, pressupostos equivalentes aos utilizados para o TMB.

3.4.5. Tratamento Mecânico e Biológico

A Figura 3.1 apresenta um esquema simplificado do processo de TMB. Assumem-se os seguintes pressupostos comuns aos diversos cenários estudados:

- A proporção de resíduos indiferenciados encaminhados para TMB/compostagem e TMB/digestão anaeróbia é a prevista no PERSU II, para 2016, *i.e.*, cerca de 30 e 70%, respectivamente;
- Do fluxo de entrada de RU, consideram-se matéria-prima para a produção de composto as fracções de orgânicos putrescíveis e de finos; assume-se também que os finos são constituídos por 60% de resíduos orgânicos putrescíveis, atendendo ao seu teor em carbono biogénico (Consonni, S. *et al.*, 2005a).
- Admite-se ainda que se atinge a mineralização da fracção orgânica através da produção de composto, que corresponde a 40 e 26% dos bio-resíduos processados, respectivamente por compostagem (Müller, W., 2008) e digestão

anaeróbia (Pires, A. *et al.*, 2010). Tratando-se de resíduos indiferenciados, contribui ainda para a produção de composto o quantitativo de finos encaminhado para TMB; assim, relativamente à mineralização da fracção biodegradável contida neste componente, aplicam-se os pressupostos de processo acima indicados, acrescendo à produção de composto os finos não biodegradáveis processados.

3.4.6. Produção de cinzas

Relativamente aos resíduos resultantes da valorização energética de CDR, considera-se apenas a produção de cinzas e assume-se, em todos os cenários, a mesma taxa de produção de cinzas inertizadas, a depositar em aterro, *i.e.*, 16,5% dos CDR processados (Consonni, S. *et al.*, 2005a).

O pressuposto acima enunciado corresponde à taxa de produção de cinzas inertizadas em sistemas de combustão com tecnologia de leito fluidizado e é considerado para efeitos de simplificação e análise do modelo desenvolvido e atendendo igualmente aos seguintes aspectos: i) indefinição quanto às características do CDR a produzir e correspondentes utilizadores, tecnologia e quantitativos processados; ii) requisitos tecnológicos para incineração de CDR com PCI superior a 12 – 13 MJ/kg.

Trata-se de uma abordagem conservadora, visto que poderão ser utilizados outros processos para a valorização energética de CDR. Assim, para exemplificar algumas considerações e valores aplicáveis aos sistemas de valorização energética, enumeram-se os seguintes:

- A taxa de produção de cinzas inertizadas em sistemas de incineração de resíduos urbanos em massa/grelha é tipicamente de cerca de 4 - 6% (COM, 2006a);

- Foram obtidas taxas de produção de cinzas de 10% em sistemas de co-combustão com co-geração (Frankenhaeuser, M. *et al.*, 2008);
- Nos processos de co-incineração em cimenteiras, uma parte significativa dos resíduos produzidos é incorporada no produto final (COM, 2010c);
- Acresce que nos processos de incineração de resíduos urbanos em massa/grelha são igualmente produzidas escórias, *i.e.*, cerca de 20 a 35%, enquanto nos sistemas de leito fluidizado as mesmas ficam misturadas juntamente com o material que constitui o próprio leito e o quantitativo correspondente é função da tecnologia utilizada (COM, 2006b).

3.4.7. Resíduos eliminados

Consideram-se as opções anteriormente apresentadas de definição da variável “Resíduos Eliminados”, utilizando apenas, nos diversos casos, as parcelas aplicáveis ao processo de TMB. Assim:

- Resíduos Eliminados (e) = refugos TMB

Nesta situação, quantifica-se apenas a eliminação dos refugos do tratamento.

- Resíduos Eliminados (E) = e + cinzas de valorização de CDR

Para além dos refugos do TMB, consideram-se igualmente as cinzas resultantes da utilização de CDR.

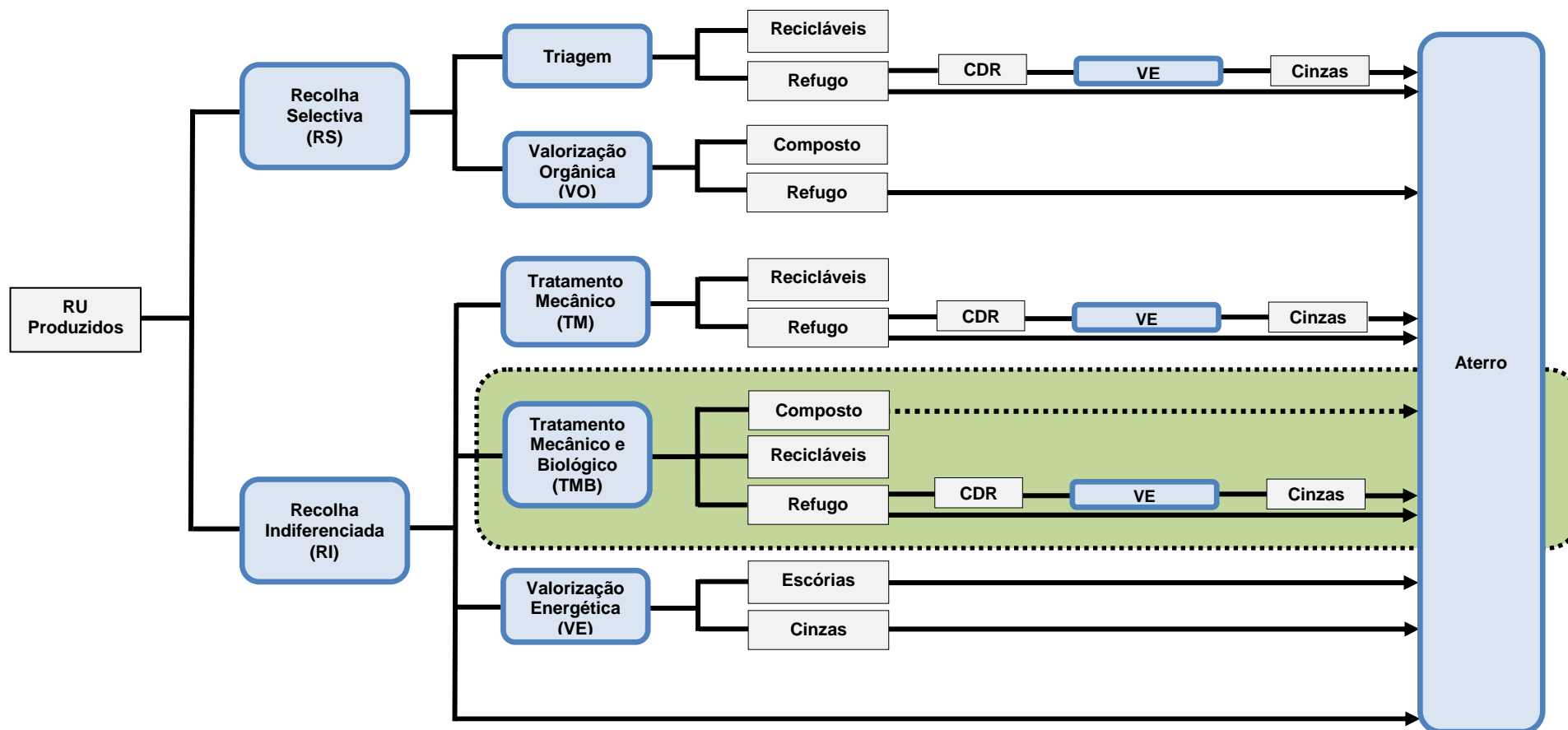
- Resíduos Eliminados (E') = E + composto de baixa qualidade (ou “estabilizado”)

Contabilizam-se as parcelas acima indicadas e prevê-se a necessidade de eliminar o composto resultante do TMB de resíduos de recolha indiferenciada.

3.5.DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS A ESTUDAR

As Tabelas 3.5 a 3.9 apresentam os pressupostos considerados para a definição dos cinco cenários estudados. As tabelas encontram-se estruturadas do seguinte modo:

- Em “1. RU produzidos” apresenta-se a caracterização física dos resíduos produzidos, considerando os diversos componentes.
- Indica-se, em 2. e 3., a partição dos componentes dos resíduos produzidos pelos sistemas de recolha selectiva e indiferenciada.
- A recolha selectiva, enquadrada na perspectiva anteriormente referida de prevenção/desvio de resíduos de TMB, é considerada nos Cenários 4 e 5, abrangendo apenas os bio-resíduos.
- Distinguem-se em “3. Recolha indiferenciada (TMB)” os fluxos separados através deste processo, *i.e.*, recicláveis, refugo e CDR. Em “3.1. Recicláveis” os componentes “orgânicos putrescíveis” e “finos” destinam-se a valorização orgânica, por compostagem ou digestão anaeróbia, e os demais a reciclagem multimaterial.
- As percentagens indicadas com a designação “total” referem-se à proporção que determinado fluxo representa relativamente ao total de resíduos produzidos. A título de exemplo, no Cenário 4, a recolha selectiva e indiferenciada, representam, em 2016, respectivamente, 5 e 95%, sendo este valor repartido por “recicláveis” (45%), “refugo” (7%) e “CDR” (43%).
- Como exemplo de partição do componente “orgânicos putrescíveis”, o mesmo encontra-se distribuído, no Cenário 4, em 2014, pela recolha selectiva (10%) e indiferenciada (90%, que corresponde a recicláveis - 70%, refugo - 10% e CDR - 10%).



 - Fronteira do sistema considerado para o desenvolvimento de cenários

Figura 3.1. Esquema geral e fronteira do sistema considerado para o desenvolvimento do balanço de massa nos Cenários 1 a 5

Tabela 3.5. Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 1

1. RU PRODUZIDOS (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Papel/cartão	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Vidro	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Plástico	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Metal	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Têxteis	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Finos	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Outros	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2. RECOLHA SELECTIVA (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Papel/cartão	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plástico	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3. RECOLHA INDIFERENCIADA (TMB)								
3.1. Recicláveis (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Papel/cartão	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Vidro	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Plástico	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Metal	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
3.2. Refugo (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Papel/cartão	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Vidro	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Plástico	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Metal	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Têxteis	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Finos	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Outros	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Total	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
3.3. CDR (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Papel/cartão	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Vidro	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Plástico	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
Metal	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Têxteis	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Finos	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Outros	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Total	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0

Tabela 3.6. Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 2

1. RU PRODUZIDOS (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Papel/cartão	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Vidro	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Plástico	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Metal	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Têxteis	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Finos	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Outros	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2. RECOLHA SELECTIVA (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Papel/cartão	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plástico	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3. RECOLHA INDIFERENCIADA (TMB)								
3.1. Recicláveis (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0
Papel/cartão	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Vidro	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
Plástico	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Metal	88,0	88,0	88,0	88,0	88,0	88,0	88,0	88,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9
3.2. Refugo (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Papel/cartão	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Vidro	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Plástico	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Metal	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Têxteis	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Finos	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Outros	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Total	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
3.3. CDR (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Papel/cartão	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0	91,0
Vidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plástico	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5	92,5
Metal	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Têxteis	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Finos	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Outros	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Total	47,8	47,8	47,8	47,8	47,8	47,8	47,8	47,8

Tabela 3.7. Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 3

1. RU PRODUZIDOS (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Papel/cartão	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Vidro	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Plástico	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Metal	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Têxteis	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Finos	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Outros	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2. RECOLHA SELECTIVA (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Papel/cartão	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plástico	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3. RECOLHA INDIFERENCIADA (TMB)								
3.1. Recicláveis (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	75,0	78,0
Papel/cartão	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Vidro	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	85,0	87,5	90,0
Plástico	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	4,8	5,0
Metal	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	83,0	86,0	88,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	45,0	50,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	14,8	20,0	25,2	30,4	35,6	40,4	42,9	44,9
3.2. Refugo (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Papel/cartão	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0
Vidro	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Plástico	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5
Metal	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Têxteis	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Finos	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Outros	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Total	7,1	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3
3.3 CDR (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	70,0	60,0	50,0	40,0	30,0	20,0	15,0	12,0
Papel/cartão	95,0	94,4	93,8	93,2	92,6	92,0	91,5	91,0
Vidro	50,0	40,0	30,0	20,0	10,0	5,0	2,5	0,0
Plástico	96,0	95,4	94,8	94,2	93,6	93,0	92,8	92,5
Metal	50,0	40,0	30,0	20,0	10,0	7,0	4,0	2,0
Têxteis	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Finos	60,0	57,5	55,0	52,5	50,0	47,5	45,0	40,0
Outros	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Total	78,0	72,8	67,6	62,4	57,1	52,4	49,8	47,8

Tabela 3.8. Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 4

1. RU PRODUZIDOS (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Papel/cartão	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Vidro	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Plástico	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Metal	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Têxteis	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Finos	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Outros	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2. RECOLHA SELECTIVA (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	0,0	2,5	5,0	7,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Papel/cartão	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plástico	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,0	1,0	2,0	2,8	3,6	4,0	4,4	4,8
3. RECOLHA INDIFERENCIADA (TMB)								
3.1. Recicláveis (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	75,0	78,0
Papel/cartão	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Vidro	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	85,0	87,5	90,0
Plástico	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	4,8	5,0
Metal	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	83,0	86,0	88,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	45,0	50,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	14,8	20,0	25,2	30,4	35,6	40,4	42,9	44,9
3.2. Refugo (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Papel/cartão	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0
Vidro	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Plástico	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5
Metal	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Têxteis	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Finos	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Outros	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Total	7,1	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3
3.3. CDR (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	70,0	57,5	45,0	33,0	21,0	10,0	4,0	0,0
Papel/cartão	95,0	94,4	93,8	93,2	92,6	92,0	91,5	91,0
Vidro	50,0	40,0	30,0	20,0	10,0	5,0	2,5	0,0
Plástico	96,0	95,4	94,8	94,2	93,6	93,0	92,8	92,5
Metal	50,0	40,0	30,0	20,0	10,0	7,0	4,0	2,0
Têxteis	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Finos	60,0	57,5	55,0	52,5	50,0	47,5	45,0	40,0
Outros	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Total	78,0	71,8	65,6	59,6	53,5	48,4	45,4	43,0

Tabela 3.9. Pressupostos considerados para o desenvolvimento do Cenário 5

1. RU PRODUZIDOS (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	40,0	39,5	38,5	38,0	37,5	37,0	36,5	36,0
Papel/cartão	16,0	15,0	14,5	14,0	13,5	13,0	12,5	12,0
Vidro	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Plástico	12,0	11,5	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	9,0
Metal	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6
Têxteis	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5
Finos	10,0	10,6	11,1	11,6	12,2	12,7	13,2	13,5
Outros	6,0	7,0	8,0	8,6	9,0	9,6	10,1	10,4
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2. RECOLHA SELECTIVA (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	0,0	2,5	5,0	7,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Papel/cartão	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plástico	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,0	1,0	1,9	2,7	3,4	3,7	4,0	4,3
3. RECOLHA INDIFERENCIADA (TMB)								
3.1. Recicláveis (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	75,0	78,0
Papel/cartão	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Vidro	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	85,0	87,5	90,0
Plástico	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	4,8	5,0
Metal	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	83,0	86,0	88,0
Têxteis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finos	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	45,0	50,0
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	14,8	20,0	24,9	29,7	34,6	38,9	41,1	42,8
3.2. Refugo (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Papel/cartão	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0
Vidro	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Plástico	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5
Metal	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Têxteis	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Finos	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Outros	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Total	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4
3.3. CDR (%)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Componentes:								
Orgânicos putrescíveis	70,0	57,5	45,0	33,0	21,0	10,0	4,0	0,0
Papel/cartão	95,0	94,4	93,8	93,2	92,6	92,0	91,5	91,0
Vidro	50,0	40,0	30,0	20,0	10,0	5,0	2,5	0,0
Plástico	96,0	95,4	94,8	94,2	93,6	93,0	92,8	92,5
Metal	50,0	40,0	30,0	20,0	10,0	7,0	4,0	2,0
Têxteis	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Finos	60,0	57,5	55,0	52,5	50,0	47,5	45,0	40,0
Outros	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0
Total	78,0	71,8	66,0	60,3	54,7	50,0	47,4	45,5

3.6.DESENVOLVIMENTO DO CASO DE ESTUDO

É efectuado o cálculo do indicador considerando como caso de estudo a sua aplicação ao PERSU II.

Para o efeito, utilizam-se os pressupostos deste Plano, na generalidade, e designadamente no que respeita à evolução da produção de RU, quantitativos de recolha selectiva multimaterial, capacidade instalada de TM, TMB, valorização orgânica e valorização energética e quantitativos encaminhados directamente para aterro.

Relativamente ao TMB, aplica-se o modelo de balanço de massa desenvolvido e os cenários anteriormente estudados. Considera-se igualmente um cenário de base correspondente à aplicação dos pressupostos previstos no PERSU II relativamente ao TMB, que se apresentam na Tabela 3.10.

Tabela 3.10. Pressupostos considerados no PERSU II relativamente aos fluxos de saída de TMB.

Fluxo de saída (*)	%
Recicláveis	5
Composto	8
CDR	55
Refugo	10

(*) Trata-se da percentagem em peso correspondente aos vários fluxos de saída e relativamente ao quantitativo de entrada; assume-se que o quantitativo remanescente, *i.e.*, 22%, corresponde a perdas no processo de compostagem.

Mantém-se a formulação do indicador anteriormente proposta e consideram-se as seguintes opções relativamente à variável “Resíduos Eliminados”, em linha com as anteriormente definidas:

- e = aterro directo + refugo TMB
- $E = e + \text{cinzas e escórias de incineração de RU indiferenciados} + \text{cinzas de valorização energética de CDR (das diversas origens, i.e., RSM, TM e TMB)}$
- $E' = E + \text{composto proveniente de TMB de RU indiferenciados.}$

Adoptam-se ainda os seguintes pressupostos:

- A incineração de resíduos indiferenciados é considerada uma operação de valorização, assumindo o cumprimento do critério de eficiência energética estabelecido pela Directiva Quadro Resíduos;
- Considera-se que as escórias resultantes da incineração são depositadas em aterro, após recuperação de metais ferrosos e não ferrosos para reciclagem; este pressuposto foi assumido de modo conservador, uma vez que têm sido desenvolvidos estudos de utilização de escórias em trabalhos de construção civil tais como na terraplenagem e pavimentação, na obtenção de agregados para trabalhos marítimos e como material de cobertura diária de aterros ou de enchimento para a recuperação paisagística de pedreiras ou minas a céu aberto (Portal da LIPOR, 2010; Portal da VALORSUL, 2010);
- Não são contabilizados os refugos de triagem de resíduos provenientes de recolha selectiva multimaterial, de compostagem/digestão anaeróbia de bio-resíduos recolhidos selectivamente e de tratamento mecânico destinados a eliminação em aterro, uma vez que estes fluxos não são previstos no PERSU II.

O indicador é calculado para o período 2009 - 2016 tendo como referência o ano de 2009.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1. MODELO BASE DE TMB

A Tabela 4.1 resume os quantitativos correspondentes aos diversos fluxos de saída do processo de TMB e apresenta o PCI do CDR obtido. Inclui também os quantitativos de composto produzido a partir de valorização orgânica de bio-resíduos provenientes de recolha selectiva e os de cinzas de valorização energética de CDR. Como exemplo, descrevem-se em seguida os cálculos efectuados para estimativa do composto produzido a partir de resíduos recolhidos indiferenciadamente, no Cenário 4 e no ano 2014, atendendo aos pressupostos utilizados:

- i. Base de cálculo: 1.000 kt de RU;
- ii. Componentes considerados para a produção de composto: orgânicos putrescíveis e finos, que são encaminhados para valorização orgânica (TMB):
 - 70% dos orgânicos putrescíveis, que corresponde a 280 kt;
 - 42,5% dos finos, *i.e.*, 42,5 kt; 60% deste quantitativo é considerado biodegradável e 40% não biodegradável (respectivamente, 25,5 kt e 17,0 kt);
- iii. Composto produzido, que inclui os resíduos biodegradáveis mineralizados e a fracção não biodegradável dos finos:
 - Resíduos biodegradáveis mineralizados: aproximadamente 30% dos resíduos biodegradáveis (este valor resulta do facto de 70% dos sistemas de TMB operarem com digestão anaeróbia e 30% com compostagem; o rendimento, em termos de composto produzido, é de 26% e 40%, respectivamente); trata-se assim de 92,6 kt;
 - Composto produzido (acresce ao valor acima indicado o quantitativo de resíduos não biodegradáveis incorporados pelos finos): 109,6 kt.

Tabela 4.1. Estimativa de composto, recicláveis, CDR, refugo e cinzas, nos cenários estudados.

Valorização orgânica de bio-resíduos de recolha selectiva	Composto RS (kt)								
	Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	4	0,000	3,030	6,059	8,483	10,906	12,118	13,330	14,542
	5	0,000	2,992	5,832	8,059	10,225	11,209	12,164	13,088
TMB	Composto RI (kt)								
	Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1	41,690	41,690	41,690	41,690	41,690	41,690	41,690	41,690
	2	123,611	123,611	123,611	123,611	123,611	123,611	123,611	123,611
	3	41,690	55,263	68,835	82,408	95,981	109,553	117,067	123,611
	4	41,690	55,263	68,835	82,408	95,981	109,553	117,067	123,611
	5	41,690	55,943	69,257	82,869	96,556	109,867	117,492	124,340
	Recicláveis, excluindo bio-resíduos (kt)								
	Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400	38,400
	2	87,200	87,200	87,200	87,200	87,200	87,200	87,200	87,200
	3	38,400	47,800	57,200	66,600	76,000	81,000	84,200	87,200
	4	38,400	47,800	57,200	66,600	76,000	81,000	84,200	87,200
	5	38,400	46,875	55,775	63,875	72,475	75,885	78,270	79,780
	CDR (kt)								
	Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1	780,200	780,200	780,200	780,200	780,200	780,200	780,200	780,200
	2	478,000	478,000	478,000	478,000	478,000	478,000	478,000	478,000
	3	780,200	728,020	675,840	623,660	571,480	523,700	498,000	478,000
	4	780,200	718,020	655,840	595,660	535,480	483,700	454,000	430,000
	5	780,200	718,235	659,790	603,240	546,660	500,415	474,480	454,820
	PCI, CDR (MJ/kg)								
	Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200
	2	13,591	13,591	13,591	13,591	13,591	13,591	13,591	13,591
	3	9,200	9,706	10,291	10,973	11,781	12,643	13,167	13,591
	4	9,200	9,817	10,552	11,408	12,457	13,546	14,277	14,916
	5	9,200	9,603	10,120	10,723	11,461	12,129	12,473	12,935
	Refugo (kt)								
	Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1	71,400	71,400	71,400	71,400	71,400	71,400	71,400	71,400
	2	72,800	72,800	72,800	72,800	72,800	72,800	72,800	72,800
	3	71,400	71,680	71,960	72,240	72,520	72,800	72,800	72,800
	4	71,400	71,680	71,960	72,240	72,520	72,800	72,800	72,800
	5	71,400	72,065	72,335	72,785	73,315	73,725	73,950	73,900
Valorização energética de CDR	Cinzas (kt)								
	Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1	128,733	128,733	128,733	128,733	128,733	128,733	128,733	128,733
	2	78,870	78,870	78,870	78,870	78,870	78,870	78,870	78,870
	3	128,733	120,123	111,514	102,904	94,294	86,411	82,170	78,870
	4	128,733	118,473	108,214	98,284	88,354	79,811	74,910	70,950
	5	128,733	118,509	108,865	99,535	90,199	82,568	78,289	75,045

(Nota: base de cálculo - 1.000 kt de RU geridos)

Dados os pressupostos considerados, conclui-se que a separações mais eficientes/tratamentos mais intensivos correspondem quantitativos superiores de recuperação de recicláveis e composto e menor produção de CDR, com a subsequente redução em termos de produção de cinzas e apresentando o CDR obtido valores superiores de PCI. A remoção de bio-resíduos conduz também ao aumento do PCI do CDR obtido. Estas conclusões encontram-se em linha com os resultados apontados na bibliografia (Caputo, A. e Pelagagge, P., 2002a; Consonni, S. *et al.*, 2005 a; Chester, M., 2009).

Através do modelo desenvolvido, é assim possível correlacionar os diversos quantitativos recuperados com a qualidade do CDR obtido, em termos de PCI.

Para efeitos de comparação, refira-se ainda que o rejeitado da unidade de TMB de Setúbal, gerida pela AMARSUL, apresenta valores de PCI de 11,6 MJ/kg (Gamito, I. A. B. A., 2008; Despacho 21295/2009). De acordo com o trabalho relativo a unidades de TMB que se encontra em desenvolvimento pela Quercus, o quantitativo de rejeitados produzidos nesta unidade é de 62,8%, obtendo-se igualmente composto (8,7%) e recicláveis (0,9%) (Berkemeier, R., 2010).

Os pressupostos assumidos no Cenário 4 permitem assegurar a reciclagem de cerca de 50% (*i.e.*, 49,7%) dos resíduos processados, cumprindo-se assim, relativamente ao quantitativo encaminhado para TMB, a meta estabelecida pela Directiva Quadro Resíduos para 2020. Os Cenários 2, 3 e 5 conduzem a uma taxa de reciclagem próxima de 50%, enquanto o Cenário 1 fica muito aquém daquele valor (*i.e.*, 14,8%).

Com base no balanço de massa efectuado, calcula-se o valor do indicador, considerando as diferentes opções estudadas no que respeita à definição da variável “resíduos eliminados”. Assume-se como referência o ano de 2009. Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 4.2 e na Figura 4.1.

Tabela 4.2. Cálculo do indicador para os diferentes cenários e formulações da variável "Resíduos Eliminados".

ID = f (e, P, PIB)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	0,000	0,013	0,024	0,035	0,048	0,051	0,053	0,053
2	0,000	0,013	0,024	0,035	0,048	0,051	0,053	0,053
3	0,000	0,009	0,016	0,024	0,033	0,033	0,035	0,034
4	0,000	0,009	0,016	0,024	0,033	0,033	0,035	0,034
5	0,000	0,004	0,011	0,016	0,022	0,020	0,019	0,020

ID = f (E, P, PIB)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	0,000	0,013	0,024	0,035	0,048	0,051	0,053	0,053
2	0,000	0,013	0,024	0,035	0,048	0,051	0,053	0,053
3	0,000	0,054	0,105	0,156	0,206	0,245	0,267	0,282
4	0,000	0,062	0,121	0,178	0,234	0,277	0,301	0,320
5	0,000	0,060	0,116	0,169	0,222	0,259	0,280	0,295

ID = f (E', P, PIB)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	0,000	0,013	0,024	0,035	0,048	0,051	0,053	0,053
2	0,000	0,013	0,024	0,035	0,048	0,051	0,053	0,053
3	0,000	-0,009	-0,019	-0,028	-0,035	-0,054	-0,065	-0,078
4	0,000	-0,002	-0,005	-0,009	-0,012	-0,029	-0,037	-0,047
5	0,000	-0,006	-0,011	-0,018	-0,024	-0,044	-0,056	-0,070

ID = f (E', P', PIB)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	0,000	0,013	0,024	0,035	0,048	0,051	0,053	0,053
2	0,000	0,013	0,024	0,035	0,048	0,051	0,053	0,053
3	0,000	-0,009	-0,019	-0,028	-0,035	-0,054	-0,065	-0,078
4	0,000	-0,004	-0,009	-0,015	-0,019	-0,037	-0,046	-0,057
5	0,000	-0,008	-0,015	-0,023	-0,031	-0,052	-0,065	-0,080

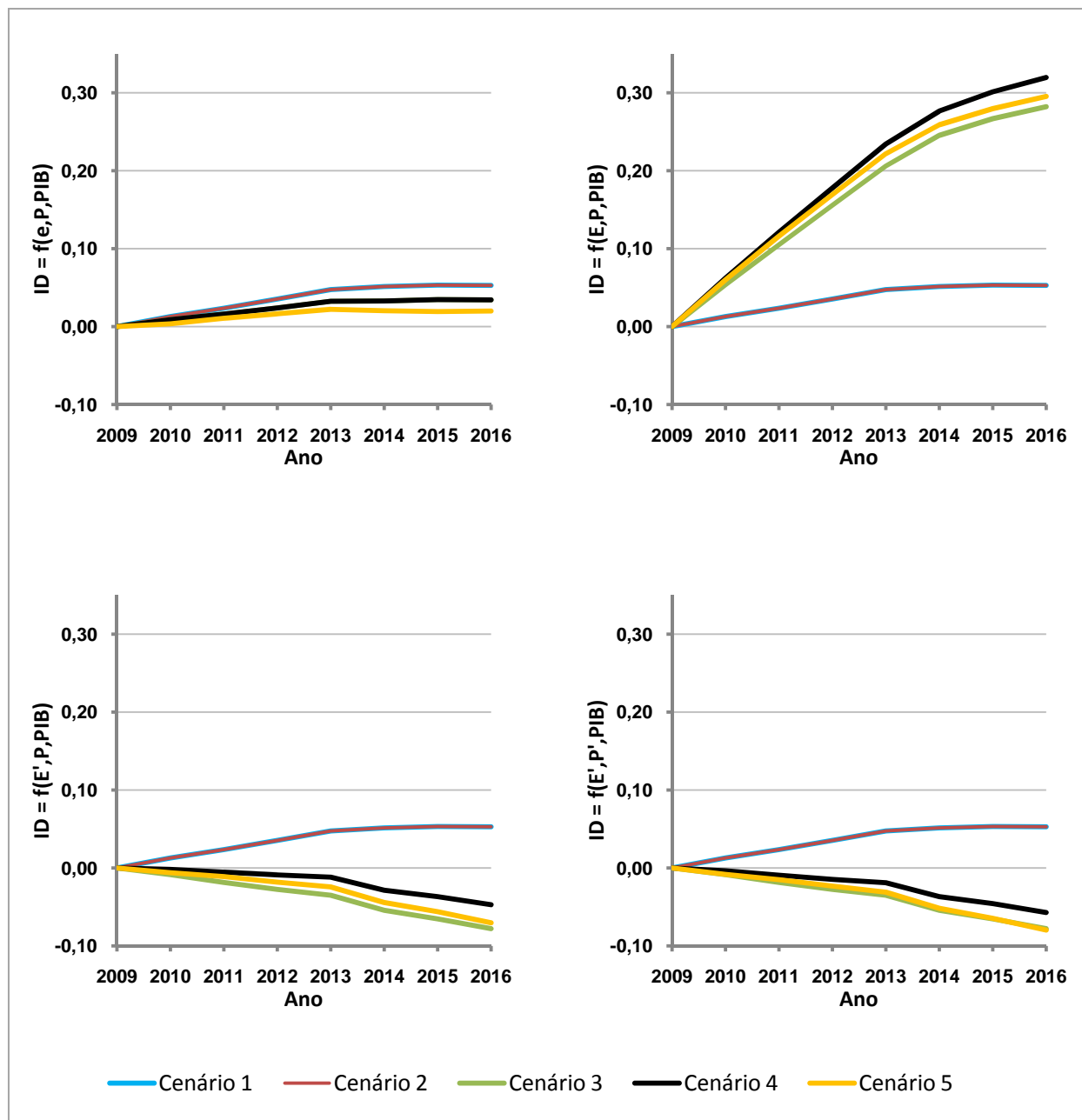


Figura 4.1. Representação gráfica de ID para as várias formulações da variável “Resíduos Eliminados”, nos cenários considerados.

(Notas:

- em todas as representações, as linhas correspondentes aos Cenários 1 e 2 coincidem;
- em $ID=f(e,P,PIB)$, as linhas correspondentes aos Cenários 3 e 4 coincidem
- em $ID=f(E',P',PIB)$, as linhas relativas aos Cenários 3 e 5 são muito próximas).

Da análise dos resultados obtidos, verifica-se que:

- Se todos os parâmetros se mantiverem constantes ao longo do tempo, ID depende apenas da produção de resíduos e do PIB, conforme se deduz da expressão do indicador, uma vez que $e_n=e_0$, o que se constata nos Cenários 1 e 2, em qualquer das opções consideradas para a variável “e”;

$$ID = 1 - \frac{e_n}{e_0} \cdot \frac{P_0}{P_n} \cdot \frac{PIB_0}{PIB_n}$$

- Aumentando a produção de refugos, $ID = f(e,P,PIB)$ diminui, conforme se verifica no Cenário 3, 4 e 5;
- Quando aumenta a recuperação de bio-resíduos e recicláveis, diminui também a produção de CDR, diminuindo assim a produção de cinzas a eliminar em aterro e, logo, $ID = f(E,P,PIB)$ aumenta; a variação da produção de refugos apresenta uma menor expressão comparativamente com a variação dos demais fluxos referidos;
- Aumentando a produção de composto, na situação em que se trata de um fluxo para eliminação em aterro, E' aumenta e $ID = f(E',P,PIB)$ diminui e regista valores negativos;
- O aumento da recolha selectiva de bio-resíduos conduz à diminuição de CDR (e, concomitantemente, de cinzas), bem como à diminuição de P' ; assim, $ID = f(E',P,PIB)$ e $ID = f(E',P',PIB)$ aumentam um pouco no Cenário 4 relativamente ao Cenário 3;
- A variação da composição dos resíduos produzidos assumida no Cenário 5, através da redução dos componentes recicláveis e bio-resíduos e do aumento da proporção de têxteis, finos e outros, traduz-se na redução dos quantitativos obtidos de recicláveis e no aumento da produção de composto, de CDR e de refugo; assim $ID = f(e,P,PIB)$ e $ID = f(E;P,PIB)$ diminuem um pouco relativamente ao previsto no Cenário 4, sendo determinantes, no primeiro caso, o aumento de

refugos e, no segundo, de refugos e cinzas; por outro lado, dado que a produção de composto aumenta, $ID = f(E', P, PIB)$ diminui comparativamente ao valor obtido no Cenário 4, sendo a diminuição acentuada no caso de $ID = f(E', P', PIB)$, uma vez que a produção de resíduos também diminui.

Ocorre dissociação em todos os cenários, excepto nos casos em que é necessário enviar para aterro o composto produzido e em que a eficiência da separação aumenta ao longo do tempo, *i.e.*, permitindo a recuperação de um quantitativo crescente de composto e tratando-se de um fluxo a eliminar. Esta situação é visível nos Cenários 3, 4 e 5, quando o indicador utiliza a variável E' , sendo assim o valor daquele negativo.

O indicador atinge o valor máximo no Cenário 4, quando se considera a variável E , uma vez que esta situação corresponde à optimização do processo de recuperação de recicláveis, em que se inclui a produção de composto, permite a recuperação de bio-resíduos através de recolha selectiva e conduz a uma menor produção de CDR e, concomitantemente, de cinzas.

Da apreciação do valor de ID *per si* não é evidente concluir se se trata de dissociação relativa ou absoluta, o que implica uma análise do valor absoluto das variáveis de base utilizadas para o cálculo do indicador, considerando e/P e o PIB.

Em termos gráficos, a representação da evolução de séries correspondentes às variáveis de força motriz e de pressão ambiental indexadas a um determinado ano de referência permite analisar, de um modo directo, se ocorre dissociação e se se trata de dissociação relativa ou absoluta e em que período (Kovanda, J. e Hak, T., 2007). Este modo de representação é usual, designadamente, nas publicações da AEA e da OCDE e foi considerado na Figura 4.2.

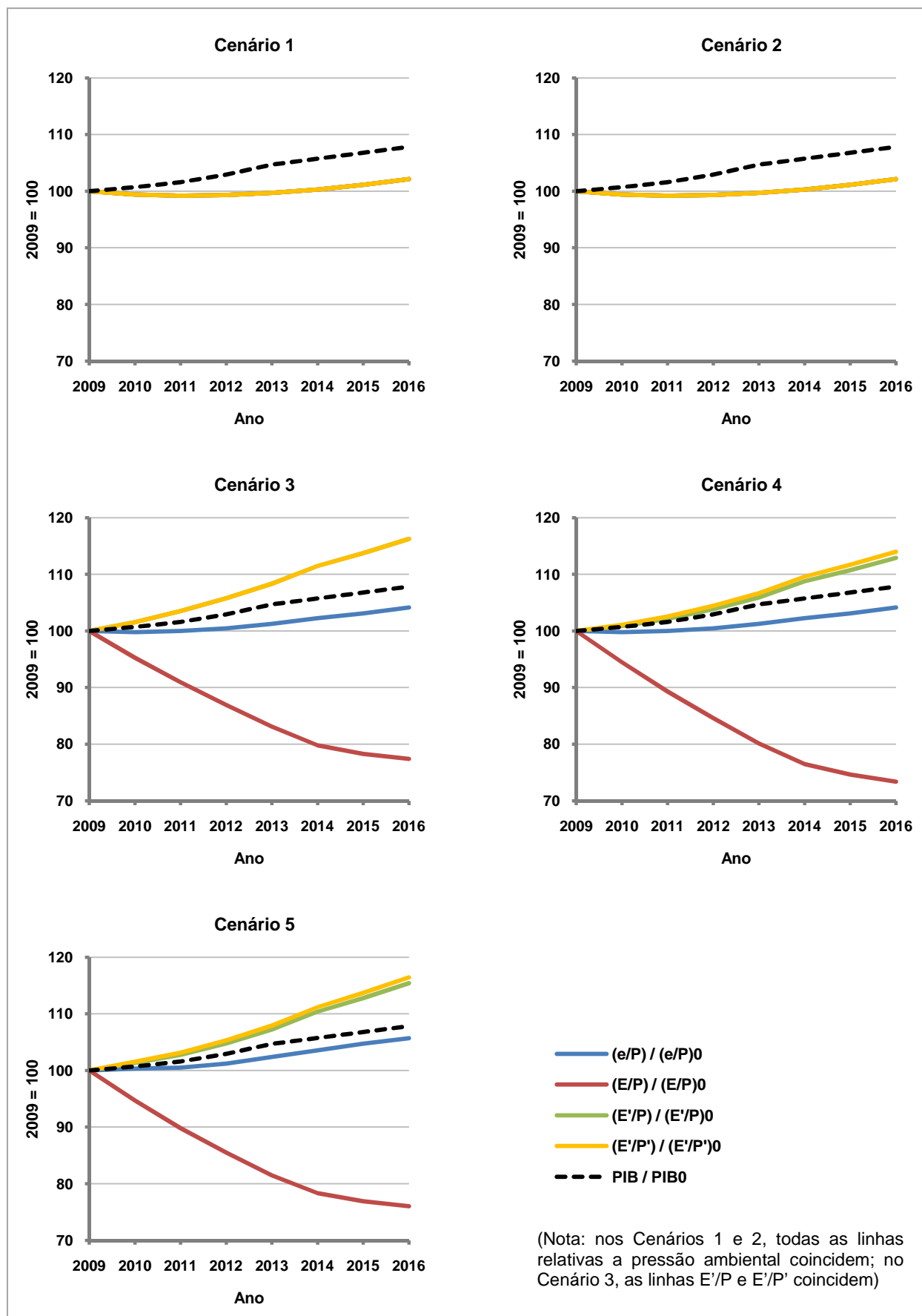


Figura 4.2. Representação gráfica das variáveis de força motriz e pressão ambiental indexadas a 2009, nos cenários considerados.

Da apreciação da Figura 4.2 conclui-se que ocorreu dissociação relativa em todos os cenários, considerando a utilização da variável “e”. Observa-se dissociação absoluta nos Cenários 3, 4 e 5 (com a variável “E”). Conforme referido aquando da análise dos valores do indicador, não ocorre dissociação nos Cenários 3, 4 e 5, nas situações em que se considera a variável “E”.

4.2.CASO DE ESTUDO – PERSU II

A Tabela 4.3 resume os quantitativos correspondentes aos diversos fluxos de saída das infra-estruturas de tratamento de RU e de entrada directa em aterro. Inclui também o PCI do CDR obtido a partir de TMB.

Considera-se o cenário que resulta da aplicação dos pressupostos do PERSU II, bem como a influência dos cenários desenvolvidos relativamente ao TMB.

Os quantitativos de cinzas inertizadas de valorização energética dos CDR reportam à totalidade dos CDR produzidos, *i.e.*, a partir de unidades de triagem, TM e TMB, assumindo os pressupostos anteriormente indicados em termos de produção unitária.

As estimativas apresentadas de recicláveis e CDR reportam igualmente à totalidade dos fluxos que envolvem este tipo de saídas do processo e que, para além dos acima indicados, incluem também, no caso dos recicláveis, os metais ferrosos e não ferrosos recuperados das escórias de incineração de RU.

O refugo respeita apenas ao processo de TMB, uma vez que o PERSU II não prevê este tipo de fluxo relativamente às demais infra-estruturas.

Tabela 4.3. Fluxos de saída de infra-estruturas de tratamento de RU e entrada directa em aterro

Composto RS (t)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	56 000	66 500	77 000	82 000	87 000	87 000	87 000	87 000
1	56 000	66 500	77 000	82 000	87 000	87 000	87 000	87 000
2	56 000	66 500	77 000	82 000	87 000	87 000	87 000	87 000
3	56 000	66 500	77 000	82 000	87 000	87 000	87 000	87 000
4	56 000	70 164	84 519	92 527	100 535	102 039	103 543	105 047
5	56 000	70 118	84 237	92 001	99 689	100 911	102 095	103 242

Composto RI (t)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	94 240	96 760	99 280	99 280	99 280	99 280	99 280	99 280
1	49 111	50 424	51 737	51 737	51 737	51 737	51 737	51 737
2	145 614	149 508	153 402	153 402	153 402	153 402	153 402	153 402
3	49 111	66 840	85 425	102 268	119 112	135 956	145 280	153 402
4	49 111	66 840	85 425	102 268	119 112	135 956	145 280	153 402
5	49 111	67 662	85 948	102 840	119 826	136 345	145 807	154 306

Recicláveis, excluindo bio-resíduos (t)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	573 379	620 775	668 170	697 726	727 282	756 838	786 394	815 950
1	559 714	606 744	653 774	683 330	712 886	742 442	771 998	801 554
2	617 201	665 768	714 335	743 891	773 447	803 003	832 559	862 115
3	559 714	618 114	677 105	718 327	759 548	795 309	828 836	862 115
4	559 714	618 114	677 105	718 327	759 548	795 309	828 836	862 115
5	559 714	616 995	675 337	714 945	755 173	788 961	821 477	852 907

CDR (t)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	880 273	874 791	869 308	885 528	901 748	901 748	901 748	901 748
1	1 151 449	1 153 217	1 154 986	1 171 206	1 187 426	1 187 426	1 187 426	1 187 426
2	795 457	787 707	779 956	796 176	812 396	812 396	812 396	812 396
3	1 151 449	1 090 106	1 025 475	976 940	928 405	869 110	837 216	812 396
4	1 151 449	1 078 011	1 000 655	942 192	883 729	819 470	782 612	752 828
5	1 151 449	1 078 271	1 005 557	951 599	897 603	840 213	808 028	783 630

PCI, TMB (MJ/kg)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II								
1	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200
2	13,591	13,591	13,591	13,591	13,591	13,591	13,591	13,591
3	9,200	9,706	10,291	10,973	11,781	12,643	13,167	13,591
4	9,200	9,817	10,552	11,408	12,457	13,546	14,277	14,916
5	9,200	9,603	10,120	10,723	11,461	12,129	12,473	12,935

Refugo (t)

Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	117 800	120 950	124 100	124 100	124 100	124 100	124 100	124 100
1	84 109	86 358	88 607	88 607	88 607	88 607	88 607	88 607
2	85 758	88 052	90 345	90 345	90 345	90 345	90 345	90 345
3	84 109	86 697	89 302	89 650	89 997	90 345	90 345	90 345
4	84 109	86 697	89 302	89 650	89 997	90 345	90 345	90 345
5	84 109	87 163	89 768	90 326	90 984	91 493	91 772	91 710

Tabela 4.3. (Cont.) Fluxos de saída de infra-estruturas de tratamento de RU e entrada directa em aterro.

Cinzas, CDR (t)								
Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	145 245	144 340	143 436	146 112	148 788	148 788	148 788	148 788
1	189 989	190 281	190 573	193 249	195 925	195 925	195 925	195 925
2	131 250	129 972	128 693	131 369	134 045	134 045	134 045	134 045
3	189 989	179 867	169 203	161 195	153 187	143 403	138 141	134 045
4	189 989	177 872	165 108	155 462	145 815	135 213	129 131	124 217
5	189 989	177 915	165 917	157 014	148 105	138 635	133 325	129 299

Cinzas e escórias RI (t)								
Todos os Cenários	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	266 000	266 000	266 000	266 000	266 000	266 000	266 000	266 000

Aterro directo (t)								
Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	1 789 590	1 713 248	1 616 528	1 591 378	1 550 796	1 500 047	1 439 295	1 238 762
1	1 789 590	1 713 248	1 616 528	1 591 378	1 550 796	1 500 047	1 439 295	1 238 762
2	1 789 590	1 713 248	1 616 528	1 591 378	1 550 796	1 500 047	1 439 295	1 238 762
3	1 789 590	1 713 248	1 616 528	1 591 378	1 550 796	1 500 047	1 439 295	1 238 762
4	1 789 590	1 701 153	1 591 708	1 549 680	1 492 221	1 429 558	1 356 892	1 179 194
5	1 789 590	1 701 304	1 592 639	1 552 423	1 497 023	1 436 297	1 365 691	1 185 151

Dado o âmbito dos cálculos efectuados, parte dos quantitativos dos fluxos apresentados decorre do previsto no PERSU II e não regista alterações; é o caso do composto proveniente de bio-resíduos recolhidos selectivamente, cinzas e escórias de incineração de resíduos indiferenciados e resíduos depositados directamente em aterro. Exceptuam-se, nos Cenários 4 e 5, em que se prevê uma etapa adicional de recolha selectiva de bio-resíduos, os quantitativos estimados relativamente ao composto obtido a partir de bio-resíduos de recolha selectiva e os de deposição directa em aterro

O Cenário 3 prevê a evolução das taxas de recuperação e refugo consideradas no Cenário 1 para as do Cenário 2, pelo que, conforme seria esperado e à semelhança do indicado relativamente ao estudo de base, no início, os quantitativos que envolvem fluxos de TMB coincidem com os do Cenário 1 e, no final, com os do Cenário 2.

Relativamente ao cenário que decorre directamente do PERSU II, observa-se, através da optimização do processo inerente aos cenários estudados, o aumento da produção de composto e de recicláveis, bem como a diminuição dos quantitativos de CDR (e de cinzas), de refugos e, nos cenários 4 e 5, de resíduos depositados directamente em aterro.

O PCI do CDR obtido através de TMB é equivalente ao apresentado no estudo de cenários de base, uma vez que são considerados os mesmos pressupostos de cálculo e que se trata de um parâmetro intensivo.

A Tabela 4.4 apresenta os valores do indicador de dissociação calculados para os diferentes cenários e formulações da variável "Resíduos Eliminados".

Tabela 4.4. Cálculo do indicador para os diferentes cenários e formulações da variável "Resíduos Eliminados"

ID=f(e, P, PIB)								
Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	0,000	0,051	0,109	0,132	0,164	0,192	0,224	0,323
1	0,000	0,052	0,111	0,135	0,167	0,196	0,228	0,329
2	0,000	0,052	0,111	0,135	0,166	0,195	0,228	0,329
3	0,000	0,052	0,111	0,134	0,166	0,195	0,227	0,328
4	0,000	0,058	0,124	0,156	0,196	0,230	0,269	0,358
5	0,000	0,058	0,123	0,154	0,193	0,226	0,263	0,355

ID=f(E, P, PIB)								
Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	0,000	0,044	0,095	0,115	0,142	0,166	0,192	0,274
1	0,000	0,044	0,094	0,114	0,141	0,165	0,191	0,273
2	0,000	0,046	0,097	0,117	0,145	0,169	0,196	0,279
3	0,000	0,048	0,103	0,127	0,158	0,186	0,214	0,297
4	0,000	0,054	0,115	0,147	0,185	0,218	0,251	0,325
5	0,000	0,054	0,114	0,144	0,181	0,213	0,245	0,320

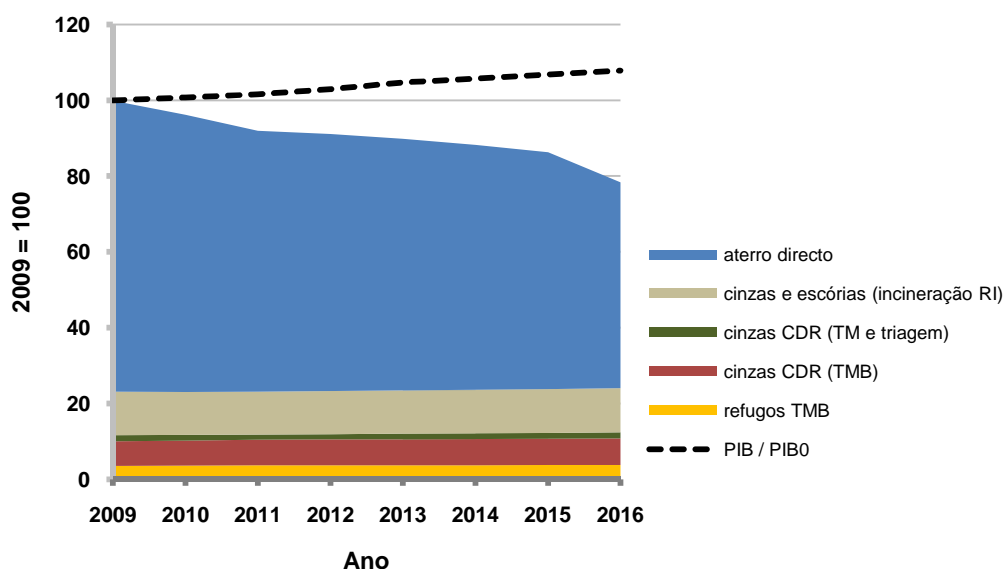
ID=f(E', P, PIB)								
Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	0,000	0,042	0,090	0,110	0,136	0,159	0,185	0,263
1	0,000	0,043	0,092	0,111	0,138	0,162	0,187	0,267
2	0,000	0,042	0,090	0,109	0,136	0,159	0,184	0,263
3	0,000	0,040	0,086	0,103	0,127	0,148	0,172	0,251
4	0,000	0,046	0,098	0,123	0,154	0,180	0,209	0,278
5	0,000	0,046	0,097	0,120	0,150	0,175	0,203	0,273

ID=f(E', P', PIB)								
Cenário	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERSU II	0,000	0,032	0,070	0,088	0,113	0,135	0,159	0,237
1	0,000	0,033	0,072	0,090	0,115	0,137	0,161	0,241
2	0,000	0,032	0,070	0,088	0,113	0,134	0,158	0,237
3	0,000	0,030	0,066	0,082	0,105	0,123	0,146	0,224
4	0,000	0,034	0,074	0,095	0,123	0,147	0,174	0,243
5	0,000	0,033	0,073	0,093	0,120	0,143	0,168	0,238

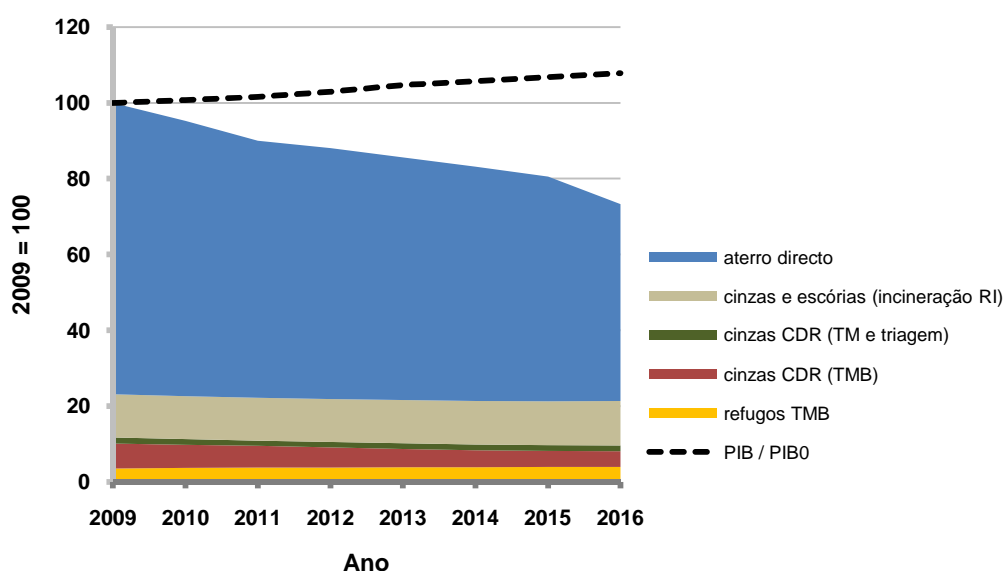
Da análise da Tabela 4.4 constata-se que ocorre dissociação em todos os cenários, sendo o valor de ID sempre superior a zero.

Os resultados obtidos para o indicador apresentam uma menor variabilidade entre cenários e entre as opções consideradas para os resíduos eliminados comparativamente com os obtidos no estudo de base, uma vez que está em análise o sistema global de gestão de RU e não apenas o desempenho do TMB.

Neste contexto, a parcela correspondente à deposição directa em aterro é muito significativa; este aspecto, juntamente com o facto de as cinzas e escórias de incineração de RU indiferenciados constituírem igualmente um quantitativo representativo, esbate, em termos relativos, as contribuições inerentes aos cenários estudados para o TMB. Este aspecto é visível na Figura 4.3, em que se representa a contribuição das diferentes parcelas destinadas a eliminação; dada a pequena variação observada entre cenários, opta-se, para efeitos de ilustração, por considerar apenas o $ID = f(E, P, PIB)$ nos Cenários 1 e 5.



i) Cenário 1



ii) Cenário 5

Figura 4.3. Contribuição da parcelas destinadas a eliminação, no caso de estudo do PERSU II, considerando $ID=f(E, P, PIB)$

(Nota: As áreas indicadas referem-se a $(E/P)/(E/P)_0$).

Verifica-se, por observação da Figura 4.3, que ocorre dissociação absoluta em ambos os cenários apresentados, sendo um pouco mais acentuada no Cenário 5. O contributo mais significativo para o resultado indicado advém da diminuição do

quantitativo depositado directamente em aterro. Conforme anteriormente referido, dada a proporção que este quantitativo representa, não são visíveis, a esta escala, as alterações ocorridas nas demais parcelas correspondentes a deposição em aterro.

4.3.COMPARAÇÃO COM A FORMULAÇÃO DA OCDE

É calculado o indicador nos termos definidos pela OCDE, *i.e.*, em função das variáveis “resíduos eliminados” e PIB, com base nos dados considerados nos diversos cenários desenvolvidos relativamente ao caso de estudo do PERSU II, para comparação com o indicador formulado neste trabalho.

Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 4.5, verificando-se que a variação entre ambas as formulações se encontra compreendida entre (-)20%, no Cenário 5, e (+)17%, no Cenário 3. A Figura 4.4 ilustra a variação ocorrida.

Tabela 4.5. Cálculo do indicador e comparação com a formulação da OCDE.

Cenário PERSU II	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ID=f(e,PIB)	0,000	0,045	0,102	0,126	0,161	0,195	0,232	0,337
ID=f(e,P,PIB)	0,000	0,051	0,109	0,132	0,164	0,192	0,224	0,323
Δ (%)	-	12,6	7,0	4,8	1,5	-1,3	-3,7	-4,2
ID=f(E,PIB)	0,000	0,039	0,087	0,108	0,139	0,168	0,201	0,289
ID=f(E,P,PIB)	0,000	0,044	0,095	0,115	0,142	0,166	0,192	0,274
Δ (%)	-	14,8	8,3	5,7	1,8	-1,5	-4,4	-5,3
ID=f(E',PIB)	0,000	0,036	0,083	0,103	0,133	0,162	0,194	0,279
ID=f(E',P,PIB)	0,000	0,042	0,090	0,110	0,136	0,159	0,185	0,263
Δ (%)	-	15,8	8,8	6,0	1,9	-1,6	-4,6	-5,5
ID=f(E',P',PIB)	0,000	0,032	0,070	0,088	0,113	0,135	0,159	0,237
Δ (%)	-	-12,0	-14,9	-14,5	-15,1	-16,7	-18,1	-14,8
Cenário 1	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ID=f(e,PIB)	0,000	0,046	0,104	0,129	0,164	0,198	0,236	0,343
ID=f(e,P,PIB)	0,000	0,052	0,111	0,135	0,167	0,196	0,228	0,329
Δ (%)	-	12,3	6,8	4,7	1,5	-1,2	-3,6	-4,1
ID=f(E,PIB)	0,000	0,038	0,087	0,108	0,138	0,167	0,200	0,288
ID=f(E,P,PIB)	0,000	0,044	0,094	0,114	0,141	0,165	0,191	0,273
Δ (%)	-	14,9	8,4	5,8	1,8	-1,5	-4,5	-5,3
ID=f(E',PIB)	0,000	0,037	0,084	0,105	0,135	0,164	0,196	0,282
ID=f(E',P,PIB)	0,000	0,043	0,092	0,111	0,138	0,162	0,187	0,267
Δ (%)	-	15,4	8,6	5,9	1,9	-1,6	-4,6	-5,4
ID=f(E',P',PIB)	0,000	0,033	0,072	0,090	0,115	0,137	0,161	0,241
Δ (%)	-	-11,8	-14,6	-14,2	-14,9	-16,4	-17,8	-14,6

Tabela 4.5. (Cont.) Cálculo do indicador e comparação com a formulação da OCDE.

Cenário 2	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ID=f(e,PIB)	0,000	0,046	0,104	0,129	0,164	0,198	0,236	0,343
ID=f(e,P,PIB)	0,000	0,052	0,111	0,135	0,166	0,195	0,228	0,329
Δ (%)	-	12,3	6,8	4,7	1,5	-1,2	-3,6	-4,1
ID=f(E,PIB)	0,000	0,040	0,090	0,111	0,142	0,172	0,205	0,295
ID=f(E,P,PIB)	0,000	0,046	0,097	0,117	0,145	0,169	0,196	0,279
Δ (%)	-	14,4	8,0	5,6	1,8	-1,5	-4,3	-5,1
ID=f(E',PIB)	0,000	0,036	0,082	0,103	0,133	0,161	0,193	0,278
ID=f(E',P,PIB)	0,000	0,042	0,090	0,109	0,136	0,159	0,184	0,263
Δ (%)	-	15,8	8,9	6,1	1,9	-1,6	-4,6	-5,5
ID=f(E',P',PIB)	0,000	0,032	0,070	0,088	0,113	0,134	0,158	0,237
Δ (%)	-	-12,1	-15,0	-14,5	-15,2	-16,7	-18,2	-14,9
Cenário 3	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ID=f(e,PIB)	0,000	0,046	0,104	0,128	0,163	0,197	0,235	0,342
ID=f(e,P,PIB)	0,000	0,052	0,111	0,134	0,166	0,195	0,227	0,328
Δ (%)	-	12,4	6,8	4,7	1,5	-1,2	-3,6	-4,1
ID=f(E,PIB)	0,000	0,043	0,096	0,121	0,155	0,188	0,223	0,312
ID=f(E,P,PIB)	0,000	0,048	0,103	0,127	0,158	0,186	0,214	0,297
Δ (%)	-	13,4	7,5	5,1	1,6	-1,3	-3,9	-4,7
ID=f(E',PIB)	0,000	0,035	0,079	0,097	0,125	0,151	0,182	0,266
ID=f(E',P,PIB)	0,000	0,040	0,086	0,103	0,127	0,148	0,172	0,251
Δ (%)	-	16,7	9,3	6,5	2,1	-1,7	-5,0	-5,9
ID=f(E',P',PIB)	0,000	0,030	0,066	0,082	0,105	0,123	0,146	0,224
Δ (%)	-	-12,7	-15,7	-15,5	-16,3	-18,1	-19,6	-15,8
Cenário 4	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ID=f(e,PIB)	0,000	0,052	0,117	0,150	0,193	0,233	0,277	0,372
ID=f(e,P,PIB)	0,000	0,058	0,124	0,156	0,196	0,230	0,269	0,358
Δ (%)		10,8	6,0	3,9	1,2	-1,0	-2,9	-3,6
ID=f(E,PIB)	0,000	0,049	0,108	0,141	0,182	0,220	0,259	0,339
ID=f(E,P,PIB)	0,000	0,054	0,115	0,147	0,185	0,218	0,251	0,325
Δ (%)		11,6	6,6	4,3	1,3	-1,1	-3,2	-4,2
ID=f(E',PIB)	0,000	0,040	0,091	0,117	0,151	0,182	0,217	0,293
ID=f(E',P,PIB)	0,000	0,046	0,098	0,123	0,154	0,180	0,209	0,278
Δ (%)		14,1	8,0	5,3	1,7	-1,4	-4,0	-5,1
ID=f(E',P',PIB)	0,000	0,034	0,074	0,095	0,123	0,147	0,174	0,243
Δ (%)		-16,8	-18,8	-18,3	-18,5	-19,4	-20,1	-17,2
Cenário 5	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ID=f(e,PIB)	0,000	0,052	0,116	0,148	0,190	0,229	0,272	0,368
ID=f(e,P,PIB)	0,000	0,058	0,123	0,154	0,193	0,226	0,263	0,355
Δ (%)		10,8	6,0	4,0	1,3	-1,0	-3,0	-3,7
ID=f(E,PIB)	0,000	0,048	0,107	0,139	0,179	0,215	0,254	0,334
ID=f(E,P,PIB)	0,000	0,054	0,114	0,144	0,181	0,213	0,245	0,320
Δ (%)		11,7	6,6	4,3	1,4	-1,1	-3,3	-4,2
ID=f(E',PIB)	0,000	0,040	0,090	0,114	0,148	0,177	0,212	0,288
ID=f(E',P,PIB)	0,000	0,046	0,097	0,120	0,150	0,175	0,203	0,273
Δ (%)		14,4	8,1	5,4	1,7	-1,4	-4,2	-5,3
ID=f(E',P',PIB)	0,000	0,033	0,073	0,093	0,120	0,143	0,168	0,238
Δ (%)		-17,0	-18,8	-18,4	-18,7	-19,7	-20,4	-17,3

Indicador OCDE: ID = f(e, PIB), ID = f(E, PIB) e ID = F(E',PIB)

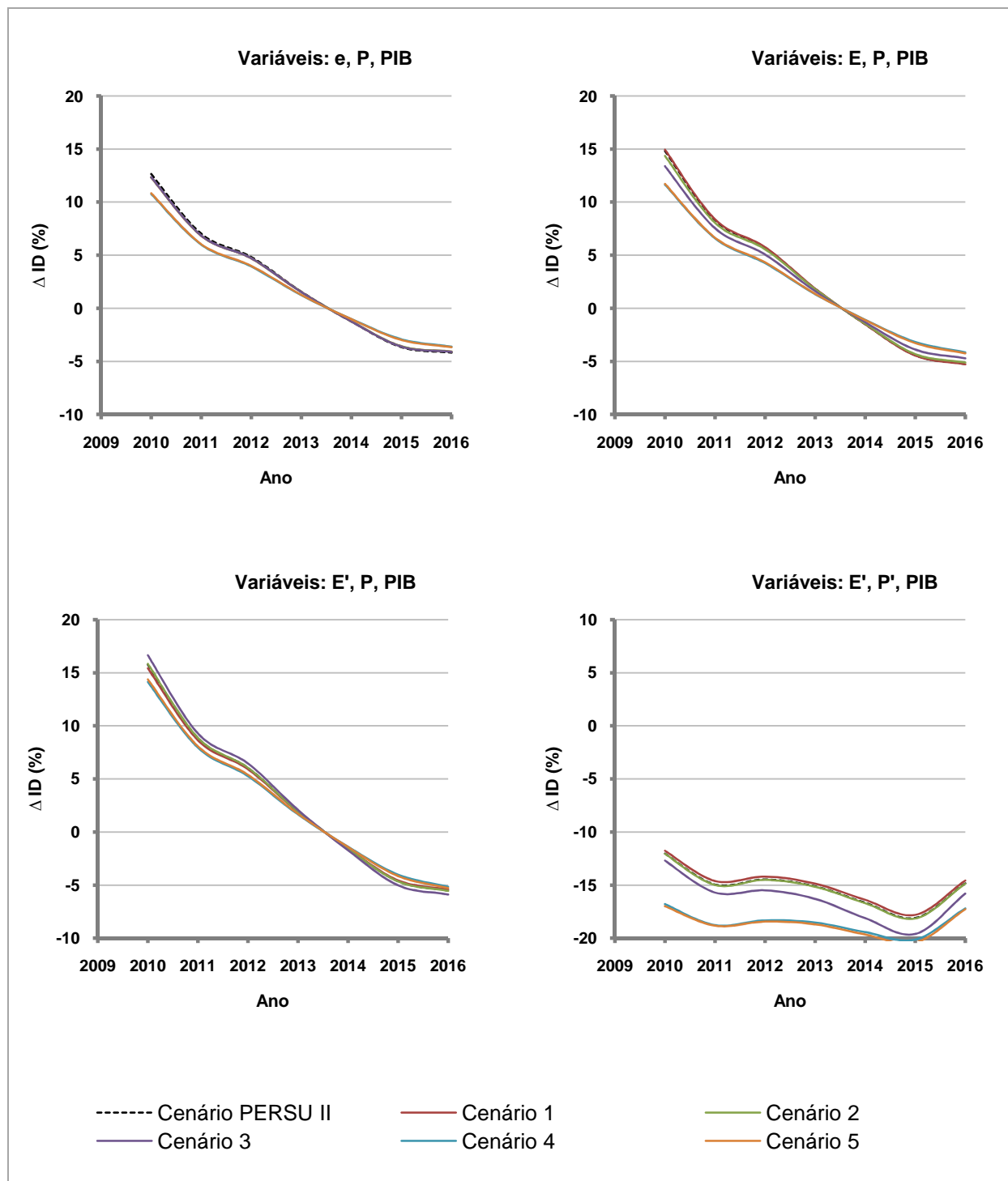


Figura 4.4. Variação do indicador, comparando com a formulação da OCDE

4.4. ANÁLISE GLOBAL DE RESULTADOS

Da análise das opções estudadas relativamente à variável “resíduos eliminados”, considera-se que:

- “e” não reflecte a totalidade dos resíduos encaminhados para aterro;
- “E” configura uma quantificação mais próxima dos resíduos a eliminar, uma vez que engloba os resíduos resultantes da valorização energética de CDR;
- “E” quantifica em alta os resíduos eliminados. Visto que, em Portugal, se perspectiva que o composto continue a ser considerado um produto, cujas utilizações dependem das correspondentes características (Rebelo, A. P., 2009), independentemente da tipologia de recolha associada aos resíduos submetidos a tratamento biológico, a formulação representada por “E” não se adequa à realidade nacional.

No limite, o aumento da produção de composto, mesmo que destinado a eliminação, poderá traduzir-se em vantagens, não em termos de dissociação, mas de estabilização dos resíduos depositados em aterro, bem como em dificuldades associadas à diminuição da estabilidade dos resíduos depositados (Greenpeace, 2003).

Por outro lado, em caso de utilização de composto como substituto de terras de cobertura de aterro, os quantitativos correspondentes não são, à partida, considerados enquanto resíduos eliminados.

O pressuposto assumido para o horizonte de estudo relativamente à recolha selectiva de bio-resíduos, na perspectiva de prevenção considerada, configura alguma ambição, estimando-se a necessidade de envolvimento adicional de cerca de 200.000 famílias (*i.e.*, assumindo uma produção de RU de 1,2 kg/hab.dia, agregados familiares de 3,5 pessoas e a compostagem em pequena escala de 50%

dos bio-resíduos produzidos; esta estimativa, apresentada de modo indicativo, não entra assim em conta com os grandes produtores deste tipo de resíduos). Trata-se de uma participação da população que acresce à considerada no PERSU II para a recolha selectiva de bio-resíduos.

O indicador desenvolvido para este trabalho, ao considerar as variáveis e/P e PIB, não altera substancialmente a tendência e os resultados obtidos relativamente ao modelo definido pela OCDE, constituindo, no entanto, uma abordagem que se julga válida em termos de aferição à hierarquia de gestão de resíduos.

4.5. CLASSIFICAÇÃO DO INDICADOR

Na Figura 4.5 reflecte-se a classificação do indicador de acordo com os critérios, anteriormente apresentados, da AEA, numa escala de 0 a 4 (sendo: 0 – menos relevante; 4 – mais relevante) (EEA, 2005).

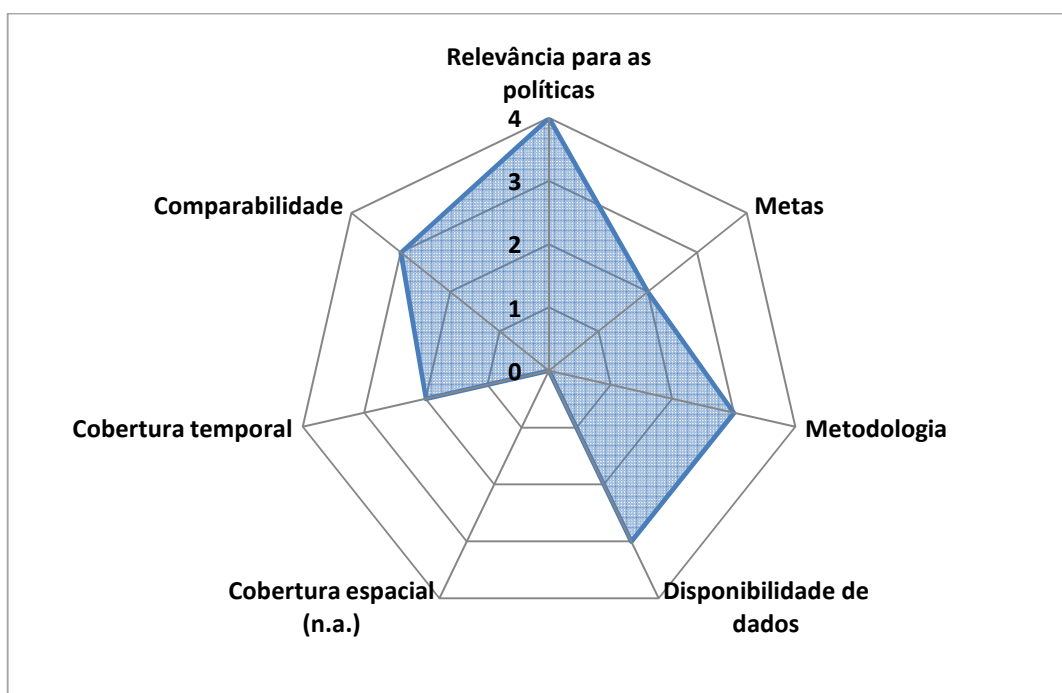


Figura 4.5. Classificação do indicador de acordo com os critérios da AEA.

Para a atribuição da classificação acima apresentada foram considerados os seguintes aspectos:

- **Relevância para as políticas**

A desagregação entre as pressões ambientais e a actividade económica constitui um objectivo das políticas de ambiente e de gestão de recursos e resíduos; em particular, o cumprimento da hierarquia de gestão de resíduos e a minimização dos quantitativos depositados em aterro é um desiderato prioritário neste contexto; classificação considerada: 4.

- **Monitorização do progresso relativamente a metas quantificadas**

O indicador permite avaliar tendências e o progresso nesta área, embora não se encontrem estabelecidas metas quantitativas; classificação considerada: 2.

- **Fundamentação conceptual e metodológica**

O indicador pode ser cientificamente quantificado, com base num método devidamente fundamentado, considerando informação de base fidedigna relativa a gestão de resíduos e a realização de balanços de massa. Os dados de base são obtidos pelas entidades com competência na matéria, *i.e.*, o INE e a APA, de acordo com metodologias definidas para o efeito; classificação considerada: 3.

- **Disponibilidade de dados**

Encontra-se disponível e é sistematicamente recolhida, na generalidade, a informação que permite utilizar o indicador. No caso dos dados relativos a resíduos urbanos, os mesmos são preenchidos em sistemas de registo de informação, com periodicidade anual, e, em algumas situações, mensal, e com base em pesagens; deste modo, a utilização do indicador não implica a

recolha de dados adicionais, que poderia acarretar custos acrescidos; classificação considerada: 3.

- **Cobertura espacial**

O indicador pode ser aplicado a um conjunto de países. No entanto, não é quantificada a disponibilidade de dados relativamente aos países analisados pela AEA; classificação considerada: n.a..

- **Cobertura temporal**

O indicador ilustra dados discretos obtidos sistematicamente. Para efeitos de comparação, poderá não se encontrar disponível a mesma série temporal relativamente aos Sistemas de RU a estudar, atendendo também ao facto de estar em construção um conjunto significativo de unidades de TMB; classificação considerada: 2.

- **Comparabilidade**

A comparação e *benchmarking* entre países é relevante e possível através do indicador. No entanto, poderão verificar-se algumas limitações, atendendo a eventuais diferenças, designadamente, ao nível do estado de partida e de conceitos, definições e metodologias de obtenção dos dados de base; classificação considerada: 3.

5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO

5.1.ASPECTOS GERAIS

O trabalho realizado permite concluir que, tendo como base o PERSU II e os cenários desenvolvidos para estudo do processo de TMB, ocorre dissociação absoluta entre as variáveis de força motriz (*i.e.*, o PIB) e de pressão ambiental (*i.e.*, a proporção de resíduos urbanos depositados em aterro face aos produzidos).

Contudo, dados os quantitativos que a deposição directa de resíduos em aterro representa nos diversos cenários, as diferenças registadas ao nível do valor assumido pelo indicador são reduzidas.

O efeito de dissociação é mais acentuado quando, mediante as necessárias adaptações ao nível de recolha e tratamento, se considera que parte dos bio-resíduos inicialmente processados por TMB passam a ser recolhidos de modo selectivo, para posterior valorização orgânica. A dissociação é igualmente mais pronunciada nas situações em que o composto proveniente de resíduos indiferenciados é considerado um produto.

5.2.POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DO INDICADOR

Como interesse e potencialidades deste trabalho, realça-se a reflexão efectuada em torno de indicadores de dissociação e o desenvolvimento de um indicador com base nos estudos disponíveis sobre a matéria, exploradas as variáveis inerentes ao mesmo e efectuada a sua aplicação, enquanto caso de estudo, ao PERSU II.

O indicador incorpora aspectos económicos (PIB) e de pressão ambiental (produção e eliminação de resíduos; hierarquia de resíduos) e permite analisar se ocorre dissociação; a análise da evolução das variáveis permite ainda a distinção entre dissociação absoluta e relativa. Pode ser aplicado a qualquer tipologia de resíduos e à totalidade ou a parte de um sistema de gestão de resíduos; o tipo de estudo

efectuado no presente trabalho é assim replicável relativamente a outros universos de análise.

Trata-se ainda de elementos que presentemente não se encontram, de um modo geral, disponíveis ou aprofundados ao nível das publicações que versam, a nível nacional, matérias de ambiente e sustentabilidade, podendo assim representar um contributo neste contexto.

Atendendo aos critérios de avaliação da AEA, trata-se de um indicador relevante para as políticas e importante para a avaliação de tendências e progresso. O seu cálculo baseia-se na aplicação de uma metodologia devidamente fundamentada e tem como base dados disponíveis, periodicamente recolhidos, de cobertura nacional e relativos a um período relativamente alargado.

Face aos conceitos técnicos e especificidades subjacentes à definição do indicador e à interpretação dos correspondentes resultados, o mesmo poderá ser relevante, em primeira linha, à administração e entidades mais directamente ligadas ao acompanhamento, ao nível político e técnico, de matérias de gestão de resíduos, ambiente e desenvolvimento sustentável.

É também de referir que a variação relativamente à formulação do indicador proposto pela OCDE é, em alguns casos, relativamente reduzida; contudo, julga-se válida a abordagem desenvolvida, visto que tem subjacente o conceito hierarquia de gestão de resíduos.

Por último, considera-se que a definição e utilização de um indicador não representa um fim em si mesmo, antes constituindo uma etapa e uma ferramenta para a implementação e monitorização de políticas ou projectos que envolvem também a alocação de recursos e vontades, a nível colectivo e individual.

Considera-se, no entanto, de referir as limitações identificadas relativamente a esta tipologia de indicadores e ao indicador formulado propriamente dito. Assim:

- A análise efectuada depende da situação de partida e o indicador não reflecte a situação em si, mas sim a variação ocorrida, *i.e.*, traduz a situação relativa e não a absoluta, apenas se verificando diferenças entre cenários quando dentro do mesmo cenário ocorre variação em termos dos parâmetros relevantes;
- A comparação entre países pode apresentar limitações, que não são, em princípio, devidas à ausência de dados, mas a diferentes conceitos de base e metodologias de recolha de informação. Neste contexto, destaca-se o facto de o conceito de resíduo urbano se encontrar interligado a aspectos práticos da sua gestão, a nível local, que poderão abordar de forma diferente, por exemplo, os resíduos domésticos, do comércio e dos serviços, com reflexos no apuramento dos quantitativos de resíduos produzidos. Acresce ainda que a comparação de realidades diferentes, designadamente, em termos de necessidades energéticas e de matérias fertilizantes, pode também constituir uma limitação;
- Existem igualmente limitações inerentes à eficiência possível dos processos de tratamento de resíduos, em termos técnicos, económicos e de mercado, tais como: i) eficiências de separação; ii) custos de recolha e tratamento, ao nível de investimento e exploração; iii) escoamentos dos “*outputs*” do sistema. Assim, no caso de o sistema de gestão de resíduos se encontrar, neste contexto, optimizado, o potencial de redução do quantitativo destinado a aterro é mais limitado, havendo que interpretar o significado do resultado obtido para o indicador à luz desta situação.

Ao nível da aplicação do indicador proposto:

- Os cálculos efectuados têm como base alguns pressupostos para efeitos de simplificação e análise de sensibilidade do modelo desenvolvido, bem como para ultrapassar algumas lacunas de informação identificadas, tendo estes aspectos certamente um grau de erro e incerteza associados;
- Recorre-se ainda a elementos disponíveis na literatura para a partição dos componentes dos RU pelos diversos fluxos. Esta abordagem é adoptada com vista à quantificação dos referidos fluxos e à estimativa do PCI dos CDR nos diversos cenários. No entanto, podem, em alternativa, ser utilizados quantitativos globais correspondentes aos diversos fluxos aos quais se aplicam factores de eficiência de separação; por outro lado, com a entrada em funcionamento das novas infra-estruturas e com o arranque da produção de CDR, os referidos elementos serão quantificados;
- Visto que é efectuada uma análise para o período compreendido entre 2009 e 2016, associa-se necessariamente aos resultados apresentados a incerteza inerente à projecção, designadamente, da produção de resíduos, da disponibilidade e desempenho de unidades de tratamento e dos parâmetros económicos;
- Em termos formais, para contextualização do caso de estudo, adoptam-se os pressupostos do PERSU II; assim, e embora o DL 183/2009 considere uma derrogação de 4 anos para efeitos do cumprimento das metas de desvio de RUB de aterros relativas a 2009 e 2016, é assumido o horizonte do referido Plano (*i.e.*, 2016).

Destaca-se ainda, como interesse do trabalho desenvolvido, o aprofundamento da temática relativa ao tratamento mecânico e biológico de resíduos urbanos, que

constitui, a nível da política nacional de gestão de resíduos, um processo de grande relevância para o cumprimento dos objectivos de desvio de resíduos biodegradáveis de aterro, em cumprimento da Directiva Aterros. Neste contexto, são estudados, com base em referências bibliográficas, aspectos relevantes relativamente ao processo e aos fluxos de entrada e saída.

5.3.SUGESTÕES PARA DESENVOLVIMENTO FUTURO

Enumeram-se em seguida algumas sugestões consideradas oportunas para desenvolvimento futuro, ao nível de aferição de cálculos e pressupostos, modelo conceptual e estudos complementares.

Atendendo às lacunas de informação identificadas e aos pressupostos assumidos para o desenvolvimento do trabalho, e dado ainda que o cálculo do indicador é efectuado com base em dados previsionais, considera-se relevante aferir os cálculos e cenários utilizando elementos actualizados e valores reais, designadamente, ao nível de:

- Produção e caracterização de resíduos;
- Eficiências de tratamento e quantitativos reais encaminhados para aterro;
- Produção de cinzas inertizadas e escórias, atendendo às características dos CDR produzidos e correspondentes utilizadores, tecnologia e quantitativos processados;
- Quantitativo e destino das escórias resultantes de incineração de resíduos indiferenciados;
- Quantitativos e destino dos resíduos resultantes do processo de triagem e reciclagem;
- Valor do PIB.

Em termos conceptuais e de desenvolvimento do indicador, poderá ser interessante estudar:

- Na perspectiva da prevenção/recolha selectiva, a inclusão de outros componentes dos resíduos urbanos para além dos bio-resíduos;
- A inclusão do processo de TMB com estabilização seca, se aplicável, na definição de cenários e cálculo do indicador;
- O desenvolvimento das definições de valorização e eliminação de resíduos, com particular atenção para a definição de valorização energética e para o estatuto e qualidade do composto, e concomitante análise da variável que melhor descreve o quantitativo de resíduos eliminados;
- A relação entre as variáveis utilizadas ao nível de pressão ambiental e força motriz, designadamente, no que respeita às variáveis “Resíduos produzidos” e “PIB”; neste contexto, estudar a hipótese de a primeira variável ser função da segunda através de uma função semelhante à de uma curva de Kuznets;
- A utilização de outras variáveis de força motriz para além do PIB, de que é exemplo o consumo privado das famílias ou a população;
- A aplicação do indicador a outros países e a outros tipos de resíduos, tais como resíduos industriais e sectoriais (e.g. resíduos de indústria extractiva).

Numa perspectiva mais alargada e ambiciosa, poderão igualmente desenvolver-se trabalhos complementares em termos de:

- Balanço energético;
- Balanço relativo a emissões de gases de efeito de estufa;
- Estudo de aspectos económicos;
- Complemento da abordagem através de indicadores de dissociação com análise de custo-benefício e de ciclo de vida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APA (2007a). Relatório do Estado do Ambiente 2006 – REA 2006 Portugal. URL: <http://www.apambiente.pt/divulgacao/Publicacoes/REA/Documents/REA2006.pdf> [consultado em 2010-07-26].
- APA (2007b). Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (SIDS – Portugal). URL: <http://www.apambiente.pt/Instrumentos/sids/Documents/SIDS%202007/SIDS%20Portugal.pdf> [consultado em 2010-07-13].
- APA (2008a). Caracterização da Situação dos Resíduos Urbanos em Portugal Continental em 2006. Resumo. URL: <http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/gestaoresiduos/RU/Documents/Resumo%20RSU%202006.pdf> [consultado em 2009-10-11].
- APA (2008b). Sistemas de Gestão de RU. Dados Gerais, Valorização e Destino Final, Infra-Estruturas e Equipamentos. URL: http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/gestaoresiduos/RU/Documents/PtSitua%C3%A7%C3%A3o_De08.pdf [consultado em 2009-10-11].
- APA (2009a). Ofício n.º 1734, Ref.^a 373/09/DOGR, de 16.03.2009. Consultation process on the “Green Paper on the management of bio-waste in the European Union (COM(2008)811 final, 03.12.2008). URL: http://circa.europa.eu/Public/irc/env/biowaste_prop/library?l=/stakeholders_comments/member_states/portugal_contribution/_EN_1.0_&a=d [consultado em 2009-10-15].
- APA (2009b). SIDS Portugal - indicadores-chave 2009. URL: http://www.apambiente.pt/Instrumentos/sids/Documents/SIDS%202009/pbook_SIDS_09.pdf consultado em 2010-07-13].

- APA (2009c). Relatório do Estado do Ambiente 2008 – REA 2008 Portugal. URL: http://www.apambiente.pt/divulgacao/Publicacoes/REA/Documents/REA%202008_Final.pdf [consultado em 2010-07-26].
- Berkemeier, R. (2010). TMB e reciclagem. Estudo APA – Quercus (comunicação pessoal). *Workshop Gestão de Resíduos*, Abril de 2010, Amadora.
- Boys, J. (2008). Landfill Allowance Trading Scheme Operational Review 2007. Report. URL: <http://www.defra.gov.uk/environment/waste/localauth/lats/documents/lats-report081110.pdf> [consultado em 2009-10-25].
- Canas, A., Ferrão, P. e Conceição, P. (2003). A new environmental Kuznets curve? Relationship between direct material input and income per capita: evidence from industrialised countries. *Ecological Economics*, 46(2), 217-229.
- Caputo, A. e Pelagagge, P. (2002a). RDF production plants: I Design and costs. *Applied Thermal Engineering* 22(4), 423-437.
- Caputo, A. e Pelagagge, P. (2002b). RDF production plants: II Economics and profitability. *Applied Thermal Engineering* 22(4), 439-448.
- Caputo, A. C., Palumbo, M. e Scacchia, F. (2004). Perspectives of RDF use in decentralized areas: comparing power and co-generation solutions. *Applied Thermal Engineering*, 24(14-15), 2171-2187.
- Cartmell, E., Gostelow, P., Riddell-Black, D., Simms, N., Oakey, J., Morris, J., Jeffrey, P., Howsam, P. e Pollard, S. (2006). Biosolids - A fuel or a waste? An integrated appraisal of five co-combustion scenarios with policy analysis. *Environmental Science & Technology*, 40(3), 649-658.
- CE (2006). European legislation on prevention and management of biowaste. Ref.^a 10745/06, ENV 374, 21.06.2006, Bruxelas. URL:

http://www.cesa.org.uk/assets/downloads/Biowaste_Austrian_Presidency_Workshop.pdf [consultado em 2010-07-26].

CE (2009a). Green Paper on the management of bio-waste in the European Union - Council Conclusions, 2953rd Environment Council meeting. 25.06.2009, Luxemburgo. URL: <http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/09/st11/st11462.en09.pdf> [consultado em 2009-12-07].

CE (2009b). Futuras Presidências Espanhola, Belga e Húngara - Projecto de programa do Conselho para 18 meses. Ref.^a 16771/2009, POLGEN 219, 27.11.2009, Bruxelas. URL: <http://register.consilium.europa.eu/pdf/pt/09/st16/st16771.pt09.pdf> [consultado em 2010-01-03].

Chester, M. (2009). Improving recycling effort – its effect on the calorific value of residuals, Turning Waste into Ideas. ISWA/APESB2009 World Congress. Book of Abstracts.

COM (2000). Biological treatment of biodegradable waste. Working Document, 1st draft, Ref. DG ENV.E.3/LM/biowaste/1st draft.

COM (2001). Biological treatment of biowaste. Working Document, 2nd draft, Ref. DG ENV.A.2/LM/biowaste/2nd draft.

COM (2002). Mandate to CEN on Solid Recovered Fuels (SRF). URL: http://ec.europa.eu/enterprise/standards_policy/mandates/database/index.cfm [consultado em 2009-12-15].

COM (2003a). *Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives* (B4-3040/2000/306517/MAR/E3). URL: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/rdf.pdf> [consultado em 2009-10-06].

COM (2003b). Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu.

Para uma Estratégia Temática sobre a Utilização Sustentável dos Recursos Naturais. COM(2003) 572 final, 01.10.2003, Bruxelas.

COM (2003c). Comunicação da Comissão. Para uma Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos. COM(2003) 301 final, 27.05.2003, Bruxelas.

COM (2005a). Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Avançar para uma utilização sustentável dos recursos: Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos. Bruxelas. COM(2005) 666 final. 21.12.2005, Bruxelas.

COM (2005b). Relatório da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu relativo às estratégias nacionais de redução dos resíduos biodegradáveis enviados para aterros nos termos do previsto no n.º 1 do artigo 5.º da Directiva 1999/31/CE relativa à deposição de resíduos em aterros. COM(2005) 105 final - SEC(2005) 404. 20.03.2005, Bruxelas.

COM (2005c). Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Estratégia Temática sobre a Utilização Sustentável dos Recursos Naturais. COM(2005)670 final. 21.12.2005, Bruxelas.

COM (2006a). Integrated Pollution Prevention and Control - Reference Document on the Best Available Techniques for the Waste Treatment Industries. URL: http://ftp.jrc.es/eippcb/doc/wt_bref_0806.pdf [consultado em 2009-10-18].

COM (2006b). *Integrated Pollution Prevention and Control - Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. URL: http://ftp.jrc.es/eippcb/doc/wi_bref_0806.pdf [consultado em 2009-10-18].

- COM (2006c). Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Estratégia Temática de Protecção do Solo. COM(2006)231 final. 22.09.2006, Bruxelas.
- COM (2007). Proposta de directiva do parlamento Europeu e do Conselho relativa às emissões industriais (prevenção e controlo integrados da poluição). COM(2007)844 final. 21.12.2007, Bruxelas. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0844:FIN:PT:PDF>. [consultado em 2009-10-18].
- COM (2008). Green Paper on the management of bio-waste in the European Union. COM(2008) 811 final - SEC(2008) 2936. 03.12.2008, Bruxelas. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0811:FIN:EN:PDF>; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0811:FIN:PT:PDF>; http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/green_paper_annex.pdf [consultado em 2009-10-05].
- COM (2010a). Assessment of the options to improve the management of bio-waste in the European Union. Final report. URL: http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/ia_biowaste%20-%20final%20report.pdf [consultado em 2010-07-01].
- COM (2010b). Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu relativa às futuras etapas na gestão dos bio-resíduos na União Europeia. COM(2010)235 final. 18.05.2010, Bruxelas.
- COM (2010c). *Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries*. URL: ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/clm_bref_0510.pdf [consultado em 2010-06-14].

- Consonni, S., Giugliano, M. e Grosso, M. (2005a). Alternative strategies for energy recovery from municipal solid waste. Part A: Mass and energy balances. *Waste Management*, 25(2), 123-135.
- Consonni, S., Giugliano, M. e Grosso, M. (2005b). Alternative strategies for energy recovery from municipal solid waste. Part B: Emission and cost estimates. *Waste Management*, 25(2), 137-148.
- de Feo, G. e Malvano, C. (2009). The use of LCA in selecting the best MSW management system. *Waste Management*, 29(6), 1901-1915.
- di Maria, F. e Pavesi, G. (2006). RDF to energy plant for a central italian region SUW management system: energetic and economic analysis. *Applied Thermal Engineering*, 26(11-12), 1291-1300.
- Diaz, L. F., Savage, G. M., Eggerth, L. L. e Golueke, C. G. (1993). *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49(4) 431-455.
- Dong., T. e Lee, B. (2009). Analysis of potential RDF resources from solid waste and their energy values in the largest industrial city in Korea. *Waste Management*, 29(5), 1725-1731.
- EA (2008). Report on the Landfill Allowances and Trading Scheme 2007/08 (Version 1). URL: http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/GEHO1108BOWX-E-E.pdf?lang=_e [consultado em 2009-10-25].
- EEA (2003). Assessment of information related to waste and material flows. A catalogue of methods and tools. Technical Report No 96/2003. URL: http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2003_96 [consultado em 2010-05-15].

EEA (2005). EEA core set of indicators. Guide. EEA Technical Report No 1/2005.

URL: http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2005_1

[consultado em 2010-04-11].

EEA (2009). Diverting waste from landfill - Effectiveness of waste-management policies in the European Union. EEA Report No 7/2009. URL:

[http://www.eea.europa.eu/publications/diverting-waste-from-landfill-](http://www.eea.europa.eu/publications/diverting-waste-from-landfill-effectiveness-of-waste-management-policies-in-the-european-union)

[effectiveness-of-waste-management-policies-in-the-european-union](http://www.eea.europa.eu/publications/diverting-waste-from-landfill-effectiveness-of-waste-management-policies-in-the-european-union) [consultado em 2009-10-18].

ENDS (2010a). ENDS Report, 424 (Maio 2010), 6 – 7.

ENDS (2010b). ENDS Report, 425 (Junho 2010), 21.

EPA (1995). Decision Maker's Guide to Solid Waste Management, Vol. I e II.

EPA/600. Washington.

EPA (2008). Municipal solid waste in the United States. 2007 facts and figures. URL:

<http://www.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/pubs/msw07-rpt.pdf>

[consultado em 2009-11-06].

EPA (2009a). Municipal solid waste generation, recycling, and disposal in the United States. Facts and figures for 2008. URL:

<http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/msw2008rpt.pdf> [consultado

em 2010-06-12].

EPA (2009b). Municipal solid waste generation, recycling, and disposal in the United States. Detailed tables and figures for 2008. URL:

<http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/msw2008data.pdf> [consultado

em 2010-06-12].

ERSAR/APA (2010). *Relatório de Acompanhamento do PERSU II relativo a 2008*.

URL:

<http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/planeamentoresiduos/per>

sull/Documents/PERSU_II_monitorizacao_2008_.pdf [consultado em 2010-03-13].

ETC/RWM (2008). The evaluation of landfill policy effectiveness: A methodology for country studies. ETC/RWM working paper 9/2008. URL: http://scp.eionet.europa.eu/publications/wp2008_9 [consultado em 2009-10-18].

EUROSTAT (1999). Towards environmental pressure indicators for the EU. Panorama of the European Union. Theme 8 – Environment and energy. URL: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> [consultado em 2009-10-15].

EUROSTAT (2008). EUROSTAT Pocketbooks. Energy, transport and environment indicators. URL: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> [consultado em 2009-10-15].

EUROSTAT (2009a). News Release STAT/09/31, 9 March 2008. URL: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=STAT/09/31&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=pt> [consultado em 2009-10-15].

EUROSTAT (2009b). EUROSTAT quality profile. Municipal waste – generation and treatment. URL: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/structural_indicators/documents/Municipal_Waste%20-%20final-3.pdf [consultado em 2010-06-10].

Fragkou, M. C., Vicent, T. e Gabarrell, X. (2010). A general methodology for calculating the MSW management self-sufficiency indicator: Application to the wider Barcelona area. *Resources, Conservation and Recycling* 54(6), 390-399.

Frankenhaeuser, M., Klarin-Henricson, A., Hakulinen, A. e Mark, F. (2008). Co-combustion of solid recovered fuel and solid biofuels in a combined heat and power plant at Seinäjoki, Finland. Technical Report 2008. http://www.plasticseurope.org/DocShareNoFrame/docs/4/PNLLGLCCIBDCICACAJNEANMDF6U9YCGL5CYD1HYO4T43/PlasticsEurope/docs/DLS/Final_SE

VOreport_Co-combution_June2008-20080708-002-EN-v1.pdf [consultado em 2009-11-25].

Frankenhaeuser, M. (2009). European standardization of Solid Recovered Fuels International (comunicação pessoal). Technical Conference “Solid Recovered Fuels” (SRF) - a sustainable option for Spain, Novembro 2009, Madrid.

Gamito, I. A. B. A. (2008). Quantificação da fracção de carbono neutro nos resíduos com potencial para valorização energética. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Garg, A., Smith, R., Hill, D., Simms, N. e Pollard, S. (2007). Wastes as co-fuels: the policy framework for Solid Recovered Fuel (SRF) in Europe, with UK implications. *Environmental Science & Technology*, 41(14), 4868-4874.

Garg, A., Smith, R., Hill, D., Longhurst, P. J., Pollard, S. J. T. e Simms, N. J. (2009). An integrated appraisal of energy recovery options in the United Kingdom using solid recovered fuel derived from municipal solid waste. *Waste Management*, 29(8), 2289-2297.

Gascoyne, A. (2009). SRF in the UK – A case study (comunicação pessoal). Technical Conference “Solid Recovered Fuels” (SRF) - a sustainable option for Spain, Novembro 2009, Madrid.

Gawlik, B. (2009). Solid recovered fuels (SRF): a european perspective (from the researcher’s corner (comunicação pessoal). Technical Conference “Solid Recovered Fuels” (SRF) - a sustainable option for Spain, Novembro 2009, Madrid.

Giljum, S., Hak, T., Hinterberger, F. e Kovanda, J. (2005). Environmental governance in the European Union: strategies and instruments for absolute decoupling. *Int. J. Sustainable Development*, 8(1-2), 31-46.

- Greenpeace (2003). *Cool Waste Management. A State-of-the-Art Alternative to Incineration for Residual Municipal Waste*. URL: <http://www.greenpeace.org/raw/content/australia/resources/reports/toxics/cool-waste-management.pdf> [consultado em 2010-01-13].
- Grundman, T. (2010). Preface. International 8th ASA Waste Days, Mechanical Biological Treatment Technology – tool for material specific and energy efficient solutions, Fevereiro 2010, Hannover.
- Hanlon, D. (2001). Indicators of Waste Prevention: Case Study from U.S EPA. OCDE (2002b). OECD Workshop on Waste Prevention: toward Performance Indicators, Paris. ENV/EPOC/WGWPR/SE(2002)1/FINAL. URL: [http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/LinkTo/NT0000108A/\\$FILE/JT00130402.PDF](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/LinkTo/NT0000108A/$FILE/JT00130402.PDF) [consultado em 2010-04-17].
- Heermann, C. (2003). Using mechanic-biological treatment for MSW in Europe. *Biocycle*, 44(10), 58-62.
- Hilber, T., Maier, J., Scheffknecht, G., Agraniotis, M., Grammelis, P., Kakaras, E., Glorius, T., Becker, U., Derichs, W., Schiffer, H., Jong, M. e Torri, L. (2007). Advantages and Possibilities of Solid Recovered Fuel Cocombustion in the European Energy Sector. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 57(10), 1178-1189.
- Hogg, D., Barth, J., Schleiss, K. e Favoino, E. (2007). Dealing with food waste in the UK. WRAP/EUNOMIA. URL: http://www.wrap.org.uk/downloads/Dealing_with_Food_Waste_-_Final_-_2_March_07.72058338.3603.pdf [consultado em 2009-10-05].
- INE (2008). Estatísticas do Ambiente 2007. URL: http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICAC

OESpub_boui=50102225&PUBLICACOESmodo=2 [consultado em 2009-10-05].

IPQ (2008). Norma Portuguesa 4486 – Combustíveis derivados de resíduos. Enquadramento para a produção, classificação e gestão da qualidade. Termo de Homologação n.º 453/2008, de 18 de Dezembro.

IPTS (2008). Compost production and use in the EU. URL: http://www.organics-recycling.org.uk/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=221&tmpl=component&format=raw&Itemid=86 [consultado em 2010-01-18]

IPTS (2009a). End-of-waste criteria. Final Report. URL: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC53238.pdf> [consultado em 2009-12-09].

IPTS (2009b). Study on the selection of waste streams for end-of-waste assessment. Final Report. URL: http://susproc.jrc.ec.europa.eu/documents/SelectionofwastestreamsforEoW-FinalReport13_02_2009.pdf [consultado em 2009-10-12].

IRAR/APA (2008). *Relatório de Acompanhamento do PERSU II relativo a 2007*. URL: http://www.apambiente.pt/Destaques/Documents/Relatório%20de%20Acompanhamento%20do%20PERSU%20II_2007.pdf; http://www.irar.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/docum/Rel_2007_PERSU_II.pdf [consultado em 2009-10-05].

IST (2006). Avaliação do potencial de produção e utilização de CDR em Portugal continental. Estudos base. URL: http://enverg.ist.utl.pt/PDF/Potencial%20CDR%20v1%2006_06.pdf [consultado em 2009-12-09].

Juniper (2005). Mechanical-biological-treatment: a guide for decision makers - Processes, policies and markets. URL:

http://www.wastereports.com/free_downloads/MBT_report_download_page.htm

I. [consultado em 2010-01-09].

Kovanda, J. e Hak, T. (2007). What are the possibilities for graphical presentation of decoupling? An example of economy-wide material flow indicators in the Czech Republic. *Ecological Indicators*, 7(1), 123-132.

Lund, H. F. (2001). *The McGraw-Hill Recycling Handbook*. 2ª Edição. McGraw-Hill.

MA (1997). Plano Estratégico Sectorial de Gestão dos resíduos Sólidos Urbanos (reimpressão de 1999).

MARN (1995). Projecto para o Plano Nacional de Resíduos.

Mazzanti, M. e Zoboli, R. (2008). Waste generation, waste disposal and policy effectiveness. Evidence on decoupling from the European Union. *Resources, Conservation and Recycling*, 52 (10), 1221-1234.

Mazzanti, M. e Zoboli, R. (2009). Municipal Waste Kuznets Curves: Evidence on Socio-Economic Drivers and Policy Effectiveness from the EU. *Environmental and Resource Economics*, 44(2), 203-230.

Mazzanti, M., Montini, A. e Zoboli, R. (2009). Municipal waste generation and the EKC hypothesis new evidence exploiting province-based panel data. *Applied Economics Letters*, 16(7), 719-725.

MCOTA (2003) – Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis destinados aos Aterros (ENRRUBDA).

MFAP (2010). Programa de estabilidade e Crescimento 2010 – 2013. URL: http://www.parlamento.pt/OrcamentoEstado/Documents/pec/PEC2010_2013_18mar2010_VFA.PDF [consultado em 2010-05-24].

Müller, W. (2008). Mechanical biological treatment and its role in Europe. ORBIT 2008, Wageningen, The Netherlands.

- Müller, W., Wallmann, R., Fricke, K. e Hake, J. (2008). Energy efficiency of mechanical-biological waste treatment. ORBIT 2008, Wageningen, The Netherlands.
- OCDE (1993). OECD core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment. OCDE/GD(93)179. Environment Monographs n° 83. URL: <http://www.nssd.net/pdf/gd93179.pdf> [consultado em 2010-07-12].
- OCDE (2002a). Sustainable development. Indicators to measure decoupling of environmental pressure from economic growth. SG/SD(2002)1/FINAL. URL: [http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/LinkTo/NT00002ADA/\\$FILE/JT00126227.PDF](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/LinkTo/NT00002ADA/$FILE/JT00126227.PDF) [consultado em 2010-04-12].
- OCDE (2002b). OECD Workshop on Waste Prevention: toward Performance Indicators, Paris. ENV/EPOC/WGWPR/SE(2002)1/FINAL. URL: [http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/LinkTo/NT0000108A/\\$FILE/JT00130402.PDF](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/LinkTo/NT0000108A/$FILE/JT00130402.PDF) [consultado em 2010-04-17].
- OCDE (2003). OECD Environmental Indicators. Development, measurement and use. URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/7/47/24993546.pdf> [consultado em 2010-04-12].
- OCDE (2005). Measuring Sustainable development. Statistics Brief No. 10. URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/60/41/35407580.pdf> [consultado em 2010-04-12].
- OCDE (2008a). OECD Environmental data. Compendium 2006-2008. Waste. URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/22/58/41878186.pdf> [consultado em 2009-10-11].
- OCDE (2008b). OECD Key Environmental Indicators. URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/20/40/37551205.pdf> [consultado em 2010-07-14].

- OCDE (2010). OECD Factbook 2010. Economic, Environmental and Social Statistics.
<http://www.oecd-ilibrary.org/content/book/factbook-2010-en> [consultado em 2010-07-15].
- OVAM (2004). Indicators for waste prevention. Development of a methodology for, and testing of OECD indicators. Ref.^a D/2004/5024/43, Dezembro 2004, Mechelen.
- Otero, L. (2009). Aplicación ecoeficiente de los CSR, para maximizar su potencial – conversión en vectores energéticos homologados y útiles (comunicação pessoal). Technical Conference “Solid Recovered Fuels” (SRF) - a sustainable option for Spain, Novembro 2009, Madrid.
- PE (2010). Relatório sobre o Livro Verde da Comissão sobre a gestão dos bio-resíduos na União Europeia. Ref.^a A7-0203/2010, 16.06.2010. URL: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2010-0203+0+DOC+PDF+V0//PT> [consultado em 2010-07-26].
- Pires, A., Silveira, A. e Martinho, M. G. (2010). MBT and anaerobic digestion in Portugal – a concept to meet EU Landfill Directive targets. International 8th ASA Waste Days, Mechanical Biological Treatment Technology – tool for material specific and energy efficient solutions, Fevereiro 2010, Hannover.
- Ramos, T. B., Caeiro, S. e de Melo, J. J. (2004). Environmental indicator frameworks to design and assess environmental monitoring programs. *Impact assessment and Project Appraisal*, 22(1), 47-62.
- Ramos, T. B. (2009). Development of regional sustainability indicators and the role of academia in this process: the Portuguese practice. *Journal of Cleaner Production*, 17(12), 1101-1115.

- Rebelo, A. P. (2009). Proposta de Especificações Técnicas sobre a Qualidade e Utilizações do Composto (comunicação pessoal). 3.º Fórum Nacional de Resíduos, Abril 2009, Lisboa.
- Relea, F. (2009). Calidad del CSR a partir de residuos y su impacto en los usuarios finales (comunicação pessoal). Technical Conference “Solid Recovered Fuels” (SRF) - a sustainable option for Spain, Novembro 2009, Madrid.
- Rotter, V. S., Kost, T., Winkler, J. e Bilitewski, B. (2004). *Material flow analysis of RDF-production processes. Waste Management*, 24(10), 1005-1021.
- Royte, E. (2005). Garbage land: on the secret trail of trash. 1st Ed. Back Bay Books/Little, Brown and Company.
- Sánchez, A. (2009). Test methods to aid in the evaluation of the diversion of biodegradable municipal waste (BMW) from landfill. *Waste Management*, 29(8), 2306-2307.
- Santana, P. (2009). Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) na Estratégia de Gestão de Resíduos Urbanos (comunicação pessoal). Conferência Gestão e Comunicação na Área dos Resíduos, Setembro 2009, Estoril.
- Segnestam, L. (2002). Indicators of environment and sustainable development. Theories and practical experience. The World Bank Environment Department, Environmental Economics Series, Paper no. 89. URL: <http://siteresources.worldbank.org/INTEEI/936217-1115801208804/20486265/IndicatorsofEnvironmentandSustainableDevelopment2003.pdf> [consultado em 2010-06-11].
- Segura, A. (2009). Combustibles sólidos recuperados (CSR) – una opción sostenible para España (comunicação pessoal). Technical Conference “Solid Recovered Fuels” (SRF) - a sustainable option for Spain, Novembro 2009, Madrid.

- Silva, M. C. C. A. (2005). Indicadores de produção e reciclagem de RSU. Factores determinantes na produção e reciclagem de RSU. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Steiner, M. (2005). MBT in Europe: roles & perspectives. *Warmer Bulletin*, 102, 14-17.
- Steiner, M. (2006). MBT in Europe: roles & perspectives (Part 2). *Warmer Bulletin*, 103, 8-11.
- Suttibak, S. e Nitivattananon, V. (2008). Assessment of factors influencing the performance of solid waste recycling programs. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(1-2), 45-56.
- Tachibana, J., Hirota, K., Goto, N. e Fujie, K. (2008). A method for regional-scale material flow and decoupling analysis: A demonstration case study of Aichi prefecture, Japan. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(12), 1382-1390.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. e Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues*. Civil engineering series. Singapura: McGraw-Hill, Inc.
- TEJ (2008a). Acórdão do Tribunal de Justiça (Oitava Secção) de 22 de Dezembro de 2008 — Comissão das Comunidades Europeias/República Italiana (Processo C-283/07) (Incumprimento de Estado — Directiva 75/442/CEE — Artigo 1.o — Conceito de «resíduo» — Restos destinados a serem utilizados em actividades siderúrgicas — Combustível obtido a partir de resíduos de qualidade elevada — Transposição incorrecta) (2009/C 44/20). Jornal Oficial da União Europeia, C 44/12, de 21.02.2009.
- TEJ (2008b). Arrêt de la Cour (huitième chambre), 22 décembre 2008, «Manquement d'État – Directive 75/442/CEE – Article 1er – Notion de 'déchet'»

– Débris destinés à être utilisés dans des activités sidérurgiques – Combustible dérivé de déchets de qualité élevée – Transposition incorrecte». Affaire C-283/07. Commission des Communautés Européennes/République Italienne. URL: <http://curia.europa.eu> [consultado em 2009-12-30].

USAID, 1996. Performance monitoring and evaluation: selecting performance indicators. URL: http://pdf.dec.org/pdf_docs/pnaby214.pdf. [consultado em 2010-05-25].

van der Voet, E., van Oers, L., Moll, S., Schütz, H., Bringezu, S., de Bruyn, S., Sevenster, M. e Warringa, G. (2005). Policy review on decoupling: development of indicators to assess decoupling of economic development and environmental pressure in the EU-25 and AC-3 countries. URL: http://ec.europa.eu/environment/natres/pdf/fin_rep_natres.pdf [consultado em 2010-06-11].

van Gerven, T., Block, C., Geens, J., Cornelis, G. e Vandecasteele, C. (2007). Environmental response indicators for the industrial and energy sector in Flanders. *Journal of Cleaner Production*, 15(10), 886-894.

Velis, C. A., Longhurst, P. J., Drew, G. H., Smith, R. e Pollard, S. J. T. (2009). Biodrying for mechanical–biological treatment of wastes: A review of process science and engineering. *Bioresource Technology*, 100(11), 2747-2761.

Waeyenbergh, E. (2009). The international transport of SRF – search for new markets, Technical Conference “Solid Recovered Fuels” (SRF) - a sustainable option for Spain, 17 November 2009, Madrid.

Wagner, J. e Bilitewski, B. (2009). The temporary storage of municipal solid waste – Recommendations for a safe operation of interim storage facilities. *Waste Management*, 29(5), 1693-1701.

ANEXO I - LEGISLAÇÃO NACIONAL

Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, conforme alterado, que aprova o regime geral da gestão de resíduos, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, e a Directiva n.º 91/689/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro.

Decreto-Lei n.º 173/2008, de 26 de Agosto, relativo à prevenção e controlo integrados da poluição (PCIP), que transpõe a Directiva 2008/1/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Janeiro.

Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, que estabelece o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, as características técnicas e os requisitos a observar na concepção, licenciamento, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterros, alterada pelo Regulamento (CE) n.º 1882/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Setembro, aplica a Decisão n.º 2003/33/CE, de 19 de Dezembro de 2002, e revoga o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio.

Despacho n.º 454/2006, de 5 de Dezembro de 2005, do Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (publicado no D.R., 2.ª Série, n.º 6, de 9 de Janeiro), que aprova o Plano de Intervenção para Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados (PIRSUE).

Despacho n.º 17313/2008, de 3 de Junho, do Subdirector-Geral de Energia e Geologia (publicado no D.R., 2.ª Série, n.º 122, de 26 de Junho), que adopta os factores de conversão no âmbito do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia.

Despacho n.º 21295/2009, de 26 de Agosto, dos Ministros do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e da Economia e da Inovação (publicado no D.R., 2.ª Série, n.º 184, de 22 de Setembro de 2009), que aprova a Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos.

Despacho n.º 3227/2010, de 30 de Novembro de 2009, da Ministra do Ambiente e do Ordenamento do Território (publicado no D.R., 2.ª Série, n.º 36, de 22 de Fevereiro de 2010, que aprova o Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos (PPRU).

Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março, que aprova a Lista Europeia de Resíduos (LER).

Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro, que aprova o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016 (PERSU II).

Portaria n.º 851/2009, 7 de Agosto, que aprova as normas técnicas relativas à caracterização de resíduos urbanos.

ANEXO II - LEGISLAÇÃO E DOCUMENTOS DE ENQUADRAMENTO A NÍVEL COMUNITÁRIO

Decisão 2000/532/CE, da Comissão, de 3 de Maio, conforme alterada, que estabelece uma lista de resíduos e uma lista de resíduos perigosos

Decisão 1600/2002/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Julho de 2002, que estabelece o sexto programa comunitário de acção em matéria de Ambiente.

Decisão 2009/548/CE, da Comissão, de 30 de Junho de 2009, que estabelece um modelo para os planos de acção nacionais para as energias renováveis ao abrigo da Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho.

Directiva 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho de 1986, relativa à protecção do ambiente, e em especial dos solos, na utilização agrícola de lamas de depuração.

Directiva 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros.

Directiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro de 2000, relativa à incineração de resíduos.

Directiva 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril de 2006, relativa aos resíduos.

Directiva 2008/1/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Janeiro de 2008, relativa à prevenção e controlo integrados da poluição.

Directiva 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos e que revoga certas directivas.

Directiva 2009/28/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes

renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE.

Regulamento (CE) n.º 2150/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Novembro, conforme alterado, relativo às estatísticas de resíduos.

Regulamento (CE) n.º 1774/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 3 de Outubro de 2002, que estabelece regras sanitárias relativas aos subprodutos animais não destinados ao consumo humano.

Regulamento (CE) n.º 208/2006 da Comissão de 7 de Fevereiro de 2006, que altera os anexos VI e VIII do Regulamento (CE) n.º 1774/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho no que se refere aos requisitos aplicáveis à transformação nas unidades de biogás e de compostagem bem como aos requisitos aplicáveis ao chorume.

Resolução 97/C 76/01 do Conselho, de 24 de Fevereiro de 1997, relativa a uma estratégia comunitária de gestão de resíduos.

ANEXO III – PRINCIPAIS PORTAIS CONSULTADOS / UTILIZADOS

AEA: <http://www.eea.europa.eu>

AMBIENTEonline: <http://www.ambienteonline.pt>

APA: <http://www.apambiente.pt>

ASTM: <http://www.astm.org>

b-on: <http://www.b-on.pt>

CEN: <http://www.cen.eu>

COM: http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm

DEFRA: <http://ww2.defra.gov.uk>

ECN: <http://www.compostnetwork.info>

ENDS: <http://www.endsreport.com>

EPA: <http://www.epa.gov>

ERSAR: <http://www.ersar.pt>

EUR-Lex: <http://eur-lex.europa.eu>

EUROSTAT: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

INCM: <http://www.incm.pt>

INE: <http://www.ine.pt>

ISWA: <http://www.iswa.org>

JRC: <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm>

LIPOR: <http://www.lipor.pt>

OCDE: <http://www.oecd.org>

OJE: <http://www.oje.pt>

ORBIT: <http://www.orbit-online.net>

OVAM: <http://www.ovam.be>

PE: <http://www.europarl.europa.eu>

VALORSUL: <http://www.valorsul.pt>